



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL
PROFQUI**

ABRAÃO DE MATOS FEITOZA

**CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE REATOR UTILIZANDO
PLATAFORMA ARDUINO PARA DISCUTIR CONCEITOS RELACIONADOS À
ESTEQUIOMETRIA**

Natal - RN

2023

ABRAÃO DE MATOS FEITOZA

**CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DE UM REATOR UTILIZANDO PLATAFORMA
ARDUINO PARA DISCUTIR CONCEITOS RELACIONADOS À
ESTEQUIOMETRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, PROFQUI, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Neco da Silva
Júnior

Natal - RN
2023

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Francisco Gurgel de Azevedo - Instituto
Química – IQ

Feitoza, Abraão de Matos.

Construção e aplicação de um protótipo de reator utilizando plataforma arduino para discutir conceitos relacionados à estequiometria / Abraão de Matos Feitoza. - Natal: UFRN, 2023.

132 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra - CCET, Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Neco da Silva Júnior.

1. Estequiometria - Dissertação. 2. Reação Química - Dissertação. 3. Reator com a Plataforma Arduino - Dissertação. 4. Química - Dissertação. I. Silva Júnior, Carlos Neco da. II. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA - REDE NACIONAL

DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 2784/2023 - PMPQRN/IQ (12.88.00.06)

Nº do Protocolo: 23077.010087/2023-30

Natal-RN, 31 de janeiro de 2023.

ABRAÃO DE MATOS FEITOZA

Construção e Aplicação de Protótipo de Reator Utilizando Plataforma Arduino para Discutir Conceitos
Relacionados à Estequiometria

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional
em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte,
em cumprimento às exigências para obtenção do título de
Mestre em Química

Aprovada em: 30 de janeiro de 2023

Comissão Examinadora:

Dr. CARLOS NECO DA SILVA JÚNIOR - UFRN (Orientador)

Dr. ANDERSON DIAS VIANA - UFRN - Interno

Dra. ANA CRISTINA FACUNDO DE BRITO PONTES - UFRN - Interno

Dra. FABIANA ROBERTA GONÇALVES E SILVA HUSSEIN - UFBA - Externo à Instituição

Documento não acessível publicamente

(Assinado digitalmente em 01/02/2023 09:32)
ANA CRISTINA FACUNDO DE BRITO PONTES
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
IQ-UFRN (12.88)
Matricula: ###305#0

(Assinado digitalmente em 01/02/2023 08:11)
ANDERSON DIAS VIANA
PROFESSOR DE ENSINO BASICO TECNICO E TECNOLÓGICO
EAJ (11.22)
Matricula: ###077#8

(Assinado digitalmente em 01/02/2023 11:59)

CARLOS NECO DA SILVA JUNIOR

PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR

IQ-UFRN (12.88)

Matricula: ###255#7

(Assinado digitalmente em 31/01/2023 18:28)

FABIANA ROBERTA GONÇALVES E SILVA HUSSEIN

ASSINANTE EXTERNO

CPF: ###.###.574-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrn.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **2784**, ano: **2023**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **31/01/2023** e o código de verificação: **2c8a3a7ced**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu grande amigo e filho Heisenberg Alexandre Matos, fonte de minha inspiração nessa jornada, à minha mãe Maria Lais de Matos Feitoza, cuja força, carinho e dedicação são virtudes incomparáveis, ao meu pai Manoel Aires Feitoza (*in memoriam*) e aos meus preciosos irmãos, Acácio Matos, Emanuel Alailsom, Mariz Feitoza e Kamilla Feitoza pela presença constante mesmo em tempos de adversidades.

AGRADECIMENTOS

Ao grande Deus Eu Sou, Senhor de todas as eras, longânimo e justo.

Aos meus pai e irmãos por me apoiarem nessa incrível jornada acadêmica e profissional.

Ao meu Amigo Heisenberg Alexandre, por dividir comigo seus dias.

À Lorena Cardoso Bezerra, parceira de todas as horas férteis e inférteis, que me acompanhou e foi minha fortaleza em momentos de desequilíbrios emocionais bem como me impulsionou na busca de novos desafios.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Neco da Silva Júnior, pela paciência, por me orientar, acreditar no meu trabalho e não me deixar sucumbir no meio do processo.

Aos meus colegas do PROFQUI por serem guerreiros, em especial aos amigos conquistados nessa caminhada, Wescle Johnson Mota dos Santos, parceiro desde o primeiro momento, e ao anfitrião Edilberto Garcia por abrir as portas de sua vida e casa para nos acolher todas as vezes que estivemos em Natal-RN.

A todos os professores e professoras do PROFQUI, por dividirem seus conhecimentos comigo.

Ao Instituto de Educação do Ceará e sua gestão por permitirem a realização da pesquisa no espaço físico.

Aos estudantes que contribuíram de maneira direta com esta pesquisa.

“A educação tem sentido porque mulheres e homens aprenderam que é aprendendo que se fazem e refazem, porque mulheres e homens se puderam assumir como seres capazes de saber.”

(Paulo Freire)

RESUMO

No processo de ensino e aprendizagem da Química são observadas várias dificuldades de entendimento por parte dos estudantes relacionadas ao conteúdo de estequiometria, dentre elas, a falta de compreensão quanto à representação dos três níveis de conhecimento químico como apresentado por Johnstone em 1982. Para expressar simbolicamente a ocorrência de uma reação química, bem como as relações de proporcionalidade entre reagentes e produtos é exigido dos estudantes elevado nível de abstração do conteúdo para entendimento de um sistema reacional ou fenômeno. Com efeito, propiciar a observação de fenômenos como por exemplo, a reatividade do metal alumínio em meio ácido em um sistema fechado, com vistas a favorecer o entendimento dos conceitos subjacentes à estequiometria, desenvolveu-se um equipamento de baixo custo denominado protótipo de reator hermético com a plataforma Arduino (PRHA) subdividido em duas etapas: construção de hardware, software e testes do dispositivo (E1); e aplicação em sala de aula (E2), segmentada em seis momentos em cinco encontros: encontro inicial, identificação de ideias prévias sobre as reações químicas; segundo encontro, aula instrucional e utilização de modelos bola-bastão a partir do modelo atômico de Dalton para trabalhar a proporção química; terceiro encontro, aula instrucional e reutilização dos modelos bola-bastão com enfoque nos conceitos de reagente limitante e em excesso; quarto encontro, aplicação do PRHA e discussão acerca dos conceitos proporção, produto, reagente, expressão química; quinto encontro, segunda aplicação do PRHA e discussão dos conceitos reagente limitante e em excesso, expressão química e reação química, finalizando com uma pergunta sobre a aplicação do PRHA e as possibilidades de aprendizagem que os estudantes puderam desenvolver. A proposta foi aplicada para vinte (20) estudantes do 2º ano do ensino médio do Instituto de Educação do Ceará, na cidade de Fortaleza-CE. Os resultados da E1 estão relacionados aos testes feitos com o PRHA, são eles: necessidade de seguir as informações da folha de dados do sensor, diminuição do tempo de reação devido ao aumento da superfície de contato, variação instável da concentração de gás detectada no PRHA, e possibilidade de troca de massa externa ao sistema. Na etapa de aplicação, os estudantes apresentaram dificuldades para conceituar reação química, utilizar a simbologia química bem como compreender a relação de proporção matemática da reação. De forma geral, foi possível perceber que concepções alternativas descritas anteriormente na literatura, como a ideia de reagente ativo e passivo e processo de dissolução como sinônimo de reação química, permanecem presentes no processo de ensino e aprendizagem desse conteúdo dos participantes desta pesquisa. O manejo e aplicação do PRHA pelos estudantes se configurou como um importante momento de discussão sobre o fenômeno em estudo, mas ainda assim, diante do pequeno tempo em que o PRH foi utilizado, os estudantes deixaram prevalecer o nível macroscópico em detrimento aos demais níveis de representação do conhecimento químico proposto por Johnstone (1982) mesmo após vivência da atividade com a utilização dos modelos do tipo bola bastão.

Palavras-chave: Estequiometria; Reação Química; Reator com a Plataforma Arduino.

In the process of teaching and learning Chemistry, several difficulties of understanding on the part of students related to the content of stoichiometry are observed, among them, the lack of understanding regarding the representation of the three levels of chemical knowledge as presented by Johnstone in 1982. To express it symbolically the occurrence of a chemical reaction, as well as the proportionality relations between reactants and products, students are required to have a high level of abstraction of the content to understand a reactional system or phenomenon. In effect, to facilitate the observation of phenomena such as, for example, the reactivity of aluminum metal in an acid medium in a closed system, with a view to favoring the understanding of the concepts underlying stoichiometry, a low-cost equipment called a hermetic reactor prototype was developed. with the Arduino platform (PRHA) subdivided into two stages: hardware construction, software and device testing (E1); and application in the classroom (E2), segmented into six moments in five meetings: initial meeting, identification of previous ideas about chemical reactions; second meeting, instructional class and use of ball-stick models based on Dalton's atomic model to work on chemical proportions; third meeting, instructional class and reuse of ball-stick models focusing on limiting and excess reagent concepts; fourth meeting, application of the PRHA and discussion about the concepts of proportion, product, reagent, chemical expression; fifth meeting, second application of the PRHA and discussion of the limiting and excess reagent concepts, chemical expression and chemical reaction, ending with a question about the application of the PRHA and the learning possibilities that the students could develop. The proposal was applied to twenty (20) students of the 2nd year of high school at the Ceará Institute of Education, in the city of Fortaleza-CE. The results of E1 are related to the tests carried out with the PRHA, they are: need to follow the information in the sensor data sheet, decrease in reaction time due to the increase in the contact surface, unstable variation of the gas concentration detected in the PRHA, and possibility of external mass exchange to the system. In the application stage, students had difficulties to conceptualize chemical reaction, use chemical symbology as well as understand the mathematical proportion relationship of the reaction. In general, it was possible to perceive that misconceptions previously described in the literature, such as the idea of active and passive reagent and dissolution process as a synonym for chemical reaction, remain present in the teaching and learning process of this content of the participants of this research. The management and application of the PRHA by the students was configured as an important moment of discussion about the phenomenon under study, but even so, given the short time in which the PRHA was used, the students let the macroscopic level prevail to the detriment of the other levels of representation of the chemical knowledge proposed by Johnstone (1982) even after experiencing the activity with the use of stick-ball models.

Keywords: Stoichiometry; Chemical reaction; Reactor with an Arduino Platform

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Placa arduino Uno R3	35
Figura 02: Fluxograma da estratégia utilizada.....	42
Figura 03: Circuito eletrônico (simulação)	44
Figura 04: Componentes eletrônicos.....	45
Figura 05: Circuito eletrônico (montado)	45
Figura 06: Material para construção do invólucro.....	46
Figura 07: Invólucros construídos	47
Figura 08: Confeção do invólucro.....	47
Figura 09: Layout do IDE 2.0.0.....	48
Figura 10: Lacre de alumínio.....	49
Figura 11: Fluxograma da Etapa 02	49
Figura 12: Material utilizado nos momentos 02 e 03	50
Figura 13: ES utilizando modelo bola-bastão no momento 02	51
Figura 14: ES utilizando modelo bola-bastão no momento 03	52
Figura 15: Material utilizado na aplicação 01 e 03	52
Figura 16: Manipulação do PRHA.....	53
Figura 17: Aplicação 02.....	54
Figura 18: Teste 01 e 02	56
Figura 19: Teste 04	57
Figura 20: Expressão química genérica	64
Figura 21: Expressão química genérica	71
Figura 22: Representação modelo bola-bastão.....	75
Figura 23: Tabela para o acompanhamento do fenômeno.....	86
Figura 24: Tabela para o acompanhamento do fenômeno aplicação 02.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Levantamento de alguns equipamentos para o ensino de química entre 2015 a 2021	35
Tabela 02: Material utilizado na construção do Hardware.....	43
Tabela 03: Resultados dos Testes do PRHA	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Compilado das dificuldades em estequiometria	24
Quadro 02: Questão 01	60
Quadro 03: Questão 02	65
Quadro 04: Questão 03	70
Quadro 05: Representação dos constituintes utilizando esferas	74
Quadro 06: Quantidade de átomos envolvidos na reação	75
Quadro 07: Quantidade de constituintes que reagiram	76
Quadro 08: Quantidades de constituintes que não reagiram	77
Quadro 09: Coeficientes, quantidade mínima de constituintes que reagiram	78
Quadro 10: Concepções dos estudantes acerca de reagente em excesso	79
Quadro 11: Ficha observacional 01 - questão 01	82
Quadro 12: Ficha observacional 01 - questão 02	84
Quadro 13: Ficha observacional 01 - questão 03	85
Quadro 14: Ficha observacional 01 - questão 04	87
Quadro 15: Ficha observacional 02 - questão 01	89
Quadro 16: Ficha observacional 02 - questão 02	90
Quadro 17: Ficha observacional 02 - questão 03	91
Quadro 18: Percepção do estudante em relação ao uso do PRHA	92

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	15
2. INTRODUÇÃO	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 Dificuldades na área de Química	19
3.1.2 Dificuldades em estequiometria	23
3.2 Base legal	28
3.3 Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação	30
4. OBJETIVOS	39
4.1 Geral	39
4.2 Específico	39
5. METODOLOGIA	40
5.1 Público Alvo	40
5.2 Estratégia	40
5.2.1 Construção Do Protótipo	43
5.2.2. Aplicação Do Protótipo	49
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
6.1 Etapa 01	55
6.2 Etapa 02	58
6.2.1 Público-alvo	58
6.2.2 Ideias Prévias	59
6.2.3 Uso de modelos bola-bastão	73
6.2.4 Aplicação 01 em sala de aula	82
6.2.5 Aplicação 02 em sala de aula	88

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
8. REFERÊNCIAS	98
9. APÊNDICE.....	106
Apêndice 01 - Questionário de identificação das ideias prévia	106
Apêndice 02 - Uso de modelos	106
Apêndice 03 - Ficha de Observação 01 do experimento de reatividade do metal alumínio	107
Apêndice 05 – Produto Educacional manual de instruções do PRHA	110

1. APRESENTAÇÃO

Produzir um trabalho de pesquisa é por vezes muito complexo do ponto de vista tanto cognitivo quanto emocional, por isso é importante levar em consideração todo o percurso acadêmico e profissional que possibilitaram a construção desse documento. Estudante oriundo da escola pública na educação básica, concluí o ensino médio no ano 2000 e almejava cursar o nível superior na área das Ciências Exatas, especificamente em Química, mas as condições à época me empurraram para o mercado de trabalho, com isso foi obrigado a adiar esse sonho.

Retornei à sala de aula na postura de estudante, em 2012, fazendo um cursinho preparatório para o Exame nacional do Ensino Médio (ENEM) e prestando essa seleção no mesmo ano, como consequência fui aprovado para cursar Licenciatura em Química no ano subsequente na Universidade Federal do Ceará (UFC) onde me graduei cinco anos depois. Quando graduando e com as políticas públicas vigentes no referido período, tive a oportunidade de participar do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) onde fui bolsista durante dois anos. Nele, tive acesso ao ambiente sala de aula, conhecendo a rotina das escolas e do professor orientador, e observando as limitações e possibilidades no processo de ensino e aprendizagem em Química.

Na graduação, também tive a oportunidade de ser estagiário no Serviço Social do Comércio (SESC), especificamente na Sala Sesc Ciência, projeto que visa a alfabetização, divulgação e educação científica através da ludicidade, promovendo na minha formação um olhar diferenciado sobre as maneiras de como pensar, fazer e transpor os conhecimentos científicos para os estudantes. O que me levou a acreditar que manipular objetos e analisar fenômenos propondo possíveis explicações para eles poderiam ser fontes para aprendizagem em Química.

Na busca de angariar mais conhecimento relacionado ao processo de ensino e aprendizagem em Química, fui à procura de um mestrado que favorece-se tal situação, com efeito adentrei as portas da Universidade Federal do Rio grande do Norte (UFRN) no Programa de Pós Graduação Profissional em Química (PROFQUI) e sob a orientação do Doutor e Professor Carlos Neco da Silva Junior, estou no processo de conclusão dessa etapa acadêmica onde pude apreciar, aprender e aplicar novos conhecimentos no processo de aprendizagem em salas de aula, nas quais sou o professor regente.

2.INTRODUÇÃO

As dificuldades de aprendizagem em química para estudantes de todos os níveis educacionais são inúmeras, segundo Cárdenas, 2006, possuem fontes variáveis tanto interna ao estudante quanto externa ou a junção das duas. As externas, tendem a serem atreladas a quantidade de informações inerentes ao próprio conhecimento químico, devido à grande quantidade de modelos explicativos diferentes para analisar um dado fenômeno a partir de um determinado ponto e com isso a utilização de linguagem própria da ciência estudada para representá-lo. As internas referem-se à capacidade de cada um dos estudantes em abstrair tais modelos e aplicá-los em seu universo particular e cotidiano através das suas numerosas interpretações da realidade observável.

Então, nos ateremos às condições externas, essas serão levadas em consideração, haja visto que uma das grandes dificuldades apontadas por Toledo et al 2021, é a passagem de um nível macroscópico de entendimento químico para o no submicroscópico através o nível simbólico. Para Pozo e Crespo 2009, as concepções macroscópicas do mundo vivenciado pelos estudantes é grande fonte das dificuldades em aprender química, pois alguns conceitos científicos, tais como a noção de conservação e a ideia do vazio, não correspondem ao observado pelos estudantes, desfavorecendo a interpretação da realidade.

Outro ponto a ser destacado é a maneira de transpor o conhecimento, que geralmente é expositiva e dialógica muito aceita e difundida no sistema educacional devido ao seu alcance em relação a quantidade de pessoas expostas à esse tipo de ministração, que em muitas das situações é pautada na resolução de problemas algoritmos, prevalecendo nestes, a utilização do modelo químico de partículas (FACH, BOER e PARCHMANN, 2007; RAVIOLO E LERZO, 2016), podendo resultar na confusão para o entendimento dos estudantes. Assim sendo, a erudição dos professores influencia na maneira como os estudantes aprendem podendo contribuir também para a dificuldade no aprendizado em química (BARKE, HAZARI E YITBAREKI, 2009; TOLEDO ET AL 2021, GALAGOVSKY, GIACOMO E ALI, 2015).

Um dos conteúdos considerado como difícil no seu processo de assimilação tanto pelos estudantes quanto os professores é o de Estequiometria, cujo termo foi desenvolvido pelo químico alemão Jeremiah Benjamin Richter, de origem grega formada pela junção de *stoicheion* (elemento) e *meitrein* (medir)

proporciona compreender a relação quantitativa entre substâncias químicas tomando como base as leis ponderais das reações químicas, conservação de massa (Lavoisier), das proporções recíprocas (Richter-Welzel), das proporções constantes (Proust), das proporções múltiplas (Dalton) e propicia a representação simbólica através das equações químicas (PINTO e LEON, 2009, p.29).

Não obstante, a estequiometria não é fechada na quantificação de substâncias, mas traz consigo um entroncamento entre os três níveis de conhecimento químico. Para Raviolo e Lerzo, 2016, resolver situações sobre estequiometria implicaria no entendimento dos conceitos de fórmula química, reação química, equação química, reagentes e produtos, índices e coeficientes estequiométricos (RAVIOLO E LERZO, 2016 p.198). Marais e Combrinck, (2009) discorre que a compreensão deste conteúdo é fundamental para o entendimento dos demais conhecimentos químicos. Fach; Boer e Parchmann, (2007) apontam que alguns estudantes conseguem manipular bem os algoritmos matemáticos, mas não compreendem o que a expressão química está representando devido aos constituintes químicas envolvidas nela.

Outras dificuldades, são citadas em outros trabalhos feitos anteriormente como por exemplo a confusão entre coeficiente estequiométrico e subíndice (MARAIS e COMBRINCK, 2009), reação entre produtos com base igual de mols, razão entre mol e massa molecular, adotando equivalência entre massas reais (KIMBERLIN E YEZIERSKI, 2016) dentre outros.

Documentos brasileiros que norteiam a educação, defendem que ela seja vinculada ao mundo real dos estudantes principalmente o ensino das ciências tomando como base a contextualização sociocultural, relacionando as ciências e as tecnologias passando a ser adotada ou ter força de uma competência geral (BRASIL, PCN+, p.25), onde preconiza o domínio da linguagem científica para a representação e a comunicação científico- tecnológica bem como a distinção entre modelo e realidade, entre interpretação e fenômeno, o domínio dos conceitos de interação e de função, de transformação e conservação.

Para o documento regulatório base nacional comum curricular (BNCC) de 2017, aponta que uma das competências gerais da área de Ciências da natureza e suas tecnologias é a análise dos fenômenos naturais e dos processos tecnológicos baseados nas relações entre matéria. Com base nessas duas competências gerais na área do ensino de ciências cuja Química está inserida, atrelado às dificuldades de aprendizagem dos estudantes em estequiometria, a pesquisa busca responder o

seguinte questionamento: de qual maneira a utilização de um equipamento eletrônico denominado protótipo de reator hermético com a plataforma Arduino (PRHA) pode favorecer para a assimilação dos conceitos inerentes à estequiometria?

Na incumbência de responder tal questionamento foi necessário fazer um breve levantamento da utilização de equipamentos construídos com o microcontrolador Arduino ou similares a ele (placas de prototipagem que possuem código aberto), que tenham acesso a plataforma Arduino na área de ensino de química (URBAN, 2015; CRUZ ET AL, 2019; KANG, YEO, YOON ,2019; KANG, YEO, YOON ,2019; ROSENFELD ET AL, 2019). Essa plataforma é um ambiente virtual de código aberto que possibilita a criação de inúmeras ferramentas que podem ser incorporadas em muitas áreas do conhecimento científico tecnológico e apresenta também como vantagens: baixo custo e fácil manuseio, fazendo com que pessoas que sejam leigas no quesito programação possam se aventurar e construir algum equipamento (ARDUINO, 2020).

Em seguida foi construído o PRHA pelo pesquisador e orientador, utilizando um sensor MQ-8, responsável por receber o gás hidrogênio, uma placa UNO R3, a mais simples de todas e um recipiente hermético de polímero com o intuito de quantificar a produção de gás hidrogênio a partir da reação entre o metal alumínio e o ácido muriático diluído (solução comercial) que mesmo estando em baixa concentração pode causar acidentes e problemas de saúde. Tomando como base a quantificação dos produtos o foco principal do equipamento é observar as reações e discutir as relações estequiométricas entre os constituintes reacionais e seus conceitos subjacentes.

Posteriormente o equipamento foi aplicado em uma turma de segundo ano do Ensino Médio na modalidade normal na qual o pesquisador é professor. Mas a aplicação ocorreu em seis momentos (M), iniciando pelo levantamento das ideias prévias dos pesquisados, sequenciando de duas aulas instrucionais sobre proporção química, reação química outros conceitos subjacentes à estequiometria utilizando massa de modelar caseira para representar o modelo bola-bastão bem como a interação entre os reagentes propostos.

Para finalizar o equipamento foi apresentado e manipulado em dois momentos subsequentes, onde para cada momento dois estudantes foram escolhidos aleatoriamente para executar a manipulação, cada uma das aplicações trazia consigo os conceitos outrora vistos nos momentos anteriores e buscou propor nos estudantes

a relação entre a visualização macroscópica, com o nível submicroscópico e simbólico.

Com isso gerou-se o produto educacional PRHA, esse equipamento apresenta as vantagens descritas na literatura como baixo custo e fácil manuseio, bem como mostra-se versátil na aplicação, pois ele pode ser, sempre que necessário, reconfigurado para atender a demanda relacionada a quantificação da produção ou liberação de um produto no estado gasoso pois ao utilizarmos o senso MQ-8 pode mensurar concentrações de: álcool, monóxido de carbono, gás liquefeito de petróleo, e gás metano e principalmente o gás Hidrogênio, que é o caso desse equipamento. Apresenta também facilidade para o transporte, por ser portátil e não precisar estar ligado diretamente à internet, embora caso haja necessidade, esse comando também pode ser acrescido ao PRHA, favorecendo sua utilização dentro do ambiente sala de aula.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Dificuldades na área de Química

Como uma ciência de base, a ciência Química estuda a matéria e suas transformações procurando considerar e analisar uma série de variáveis que podem ou não ser controladas a partir do tipo de sistema que é estudado.

Esta ciência toma como base um vasto corpo de conhecimento que é descrito a partir de símbolos, imagens, letras e números que se refere a uma imensa quantidade de fenômenos e abstrações que são discutidos nela. De certa forma, isso requer dos indivíduos uma maior capacidade de reflexão sobre aspectos que não são visíveis no mundo macroscópico (POZO e CRESPO, 2009; BARKE e HAZARI, 2009; SOUZA, 2006).

Esse corpo de conhecimento, rico em modelos teóricos, analogias, simbologia e linguagem própria, que muitas vezes é exposto de forma sintética pelos químicos através de seus vários processos, conceitos e teorias, se apresenta aos estudantes de diferentes níveis de ensino de forma resumida o que pode ocasionar uma das dificuldades de aprendizagem sobre o conteúdo.

Para Carr (1984) apud Galagovsky et al, 2015, a vasta gama de modelos para explicar um conteúdo químico contribui fortemente para as dificuldades de aprendizagem na química, isso por propiciar confusão mental nos estudantes em

relação à escolha de qual modelo deve ser utilizado para esclarecer um fenômeno observado. A instrução dos professores que em muitas situações são simplistas e reducionistas, também podem favorecer esta confusão, mesmo que a ideia inicial seja direcionar para um dado modelo químico explicativo.

A metodologia de ensino dos conteúdos químicos utilizada pelos professores para mediar o conhecimento entre os estudantes podem causar confusões na elaboração de seus modelos mentais como também ser um fator de dificuldade no aprendizado químico. Isso ocorre uma vez que a metodologia mais utilizada na sala de aula ainda é a expositiva, pois ela facilita o trabalho docente por abranger em um mesmo espaço uma grande quantidade de estudantes.

De acordo com Johnstone 1984, apud Cardellini, 2012, apenas 10% do que foi verbalizado é compreendido pelos estudantes. Segundo esse autor, o processo de ensino e aprendizagem é caracterizado como um processo de recepção passiva pelos estudantes. Isso ocorre porque eles ficam somente recebendo essas informações e em contato direto com termos científicos ou palavras que tenham significados bem distintos dos que são utilizados no seu cotidiano. Então a autora defende que a linguagem química e a forma como ela é transposta para a linguagem escolar infere nas dificuldades dos estudantes (JOHNSTONE 1984, apud CARDELLINI, 2012, p.02.)

Souza, 2006, p.362, em sua pesquisa com estudantes de química do nível superior, colocando-os como agente ativo no processo de aprendizagem, comprovaram através de perguntas feitas pelos próprios estudantes que as dificuldades em química podem ser classificadas em três categorias principais: conceitos, linguagem e aplicação. A categoria conceito é subdividida em dificuldades de entendimento desses conceitos apresentados, abstração dos modelos químicos e também apresentando a correlação entre conceitos químicos vistos e não vistos pelos estudantes, o que a autora declara como dificuldade procedimental. Já a categoria linguagem é apresentada como a correlação entre a linguagem cotidiana do estudante e a científica apresentada a ele. Por fim, as de aplicação, refere-se a utilização de cálculos pelos estudantes nas atividades químicas, aplicação dos conceitos químicos em seu cotidiano e os procedimentos nas práticas laboratoriais.

No campo procedimental as dificuldades se apresentam principalmente na resolução de problemas (às vezes confundido como resoluções de exercícios) químicos, que podem ser quantitativos ou qualitativos ou pequenas pesquisas. Neste caso, as de ordem qualitativa é a compreensão dos conceitos envolvidos e

apresentados aos estudantes para explicar um fenômeno. Na seara quantitativa, dificuldade nos cálculos matemáticos mesmo que a resposta ao problema seja uma comparação e não necessariamente a utilização de equações (POZO e CRESPO, 2009, p.147).

Em relação aos problemas de aprendizagem em química Pozo e Crespo, 2009, p.144 e 142, consideram que as dificuldades estejam fatidicamente divididas em três núcleos conceituais fundamentais: a natureza corpuscular da matéria, a conservação das propriedades da matéria e as relações quantitativas, que de maneira direta estão relacionadas com os principais esquemas conceituais das ciências: interação, conservação e quantificação. Para eles, estas dificuldades são definidas pela maneira como os estudantes organizam seus conhecimentos sobre o conceito de matéria adquiridos a partir do cotidiano, algo que possibilita ao conhecimento científico a superação de modelos mentais que divergem do conhecimento científico. Ainda para Pozo, isso é definido como um estudante que vive uma espécie de realismo interpretativo, ou seja, aplicam as teorias e modelos apresentados a eles como reais e não palpáveis.

Para Barke, Hazari e Yitbareki, 2009, esta maneira de pensar idiossincraticamente dos estudantes é o ponto de partida e também o de chegada para que a educação química seja ponte entre os conhecimentos discutidos no nível macroscópico e submicroscópico, porém a maneira como eles organizam seus conhecimentos internamente são de fato importantes e reveladores em relação ao processo de aquisição do conhecimento. Os autores também defendem que os pré-conceitos não devem ser tomados como fator principal das dificuldades em química, e sim, os equívocos e problemas que são construídos pelos estudantes dentro da sala de aula devido a fatores como a linguagem química e a maneira como alguns termos são verbalizados pelos docentes.

Os pré-conceitos são entendidos como noções intuitivas e sensoriais do mundo cotidiano, logo depende das experiências que cada ser tem no decorrer da vida, Pozo e Crespo, 2009, p.89, assinalam que as concepções alternativas são também consideradas como dificuldades de aprendizagem dos estudantes, haja vista que nascem tanto do contato sensorial, cultural e educacional, como também podem ser do tipo implícitas, ou seja, aquelas que buscam representar suas ideias do mundo real, ressaltando com ênfase primordial no conceito de matéria e suas transformações.

Leão e Kalhil, 2015, p.4601, corroboram que essas concepções que são constructos pessoais, têm sua relevância no processo educacional, logo os professores devem ter uma atenção redobrada procurando conhecê-las, compreendê-las e valorizando-as no sentido de decidir o que deve ser feito com as mesmas, para que ao invés de dificuldades sejam abordadas como o alicerce para os novos conhecimentos conceituais cientificamente aceitos em um conteúdo químico.

Em resumo, cita-se algumas das dificuldades na aprendizagem química descrita na literatura, as quais permeiam todas as quatro grandes áreas do conhecimento químico: orgânica, inorgânica, analítica, e físico-química; são elas: transição do nível macroscópico para o representacional (CÁRDENAS, 2006; TOLEDO et al 2021; BARKE, HAZARI E YITBAREKI, 2009); terminologia específica da ciência (HERRON, 1996 apud CARDELLINI, 2012; CAAMAÑO, 2004); a criação dos modelos mentais dos estudantes para representar o submicroscópico (CARDELLINI, 2012; CÁRDENAS et al, 2005); concepção de matéria contínua e estática (POZO, 2009); identificação dos conceitos partícula, átomo, molécula, elemento, substância pura (RAVIOLO e LERZO, 2016).; atribuição de propriedades macroscópicas a átomos e moléculas (CÁRDENAS et al, 2005, MARAIS e COMBRINCK, 2009); quantificação das substâncias envolvidas em uma dada reação, conservação dos átomos presente nas reações químicas (FACH et al, 2007; KIMBERLIN e YEZIERSKI, 2015; VIRTAYANTI e ROHMAH, 2020).

Dentre as grandes áreas da química, alguns conteúdos são considerados mais difíceis de serem compreendidos em detrimento de outros, destaca-se neste cenário, o que Cárdenas et al, 2005 e Cárdenas, 2006, p.343, em suas pesquisas com estudantes do nível superior do primeiro semestre do curso de química e de cursos correlatos que precisam desta área de conhecimento em seu currículo, concluíram que mais de vinte por cento (20%) dos estudantes desse nível concordam que a estequiometria é relevantemente difícil de ser compreendida e que os professores tentam colocar questões de problemas químicos nesta temática com vários níveis de dificuldade, prevalecendo as de alto nível cognitivo para suas resoluções.

Nessas condições, fazer um levantamento e análise das principais dificuldades de aprendizagem em estequiometria se faz necessário para compreender quais os principais problemas de aprendizagem desse conteúdo aparecem no processo de ensino e aprendizagem.

3.1.2 Dificuldades em estequiometria

Por ser considerado um conteúdo de difícil compreensão tanto pelos estudantes quanto pelos professores, a estequiometria traz em seu arcabouço a discussão de uma série de conceitos que podem ser caracterizados como abstratos. Na aprendizagem desse conteúdo os meios qualitativos e quantitativos são utilizados para representar uma série de fenômenos a partir de símbolos químicos com letras e números, tanto para representar uma dada substância química quanto para representar as quantidades formadas das substâncias envolvidas em diferentes reações.

Predizer as quantidades de elementos ou substâncias envolvidas no processo reacional, quantificando-os e buscando analisar quais são as principais características que podem favorecer a formação de cada um deles é parte crucial da determinação do cálculo estequiométrico. Por isso é de fundamental importância analisar as condições químicas e físicas do estado reacional inicial das substâncias envolvidas ditas como reagentes, utilizando a proporção química ideal para propiciar maior controle das quantidades e tipos de produtos que deverão ser formados e estar presentes no estado final de cada reação química.

Porém, o entendimento dos processos qualitativos e quantitativos da estequiometria são repletos de dificuldades e fatores que os potencializam, iniciando pelo próprio corpo conceitual, se fortalecendo a partir da linguagem química e nos métodos de socialização desse conhecimento, que no meio educacional é, em sua maioria, o processo de ensino e aprendizagem que ocorre muito mais de maneira oral, via aulas expositivas, e também pelo uso de livros textos que não trazem.

As dificuldades de aprendizagem em química é tema corriqueiro na área de ensino dessa ciência, assim, Ordenes et al, (2014) salienta que as dificuldades mais frequentes estão relacionadas com a transição entre os diferentes níveis representacionais necessários à compreensão do conhecimento químico que o estudante apresenta. As correlações que podem surgir somada a integração entre os níveis submicroscópico e simbólico, atrelada a inexistência da integração dos três níveis do conhecimento químico que refletem nas representações criadas pelos estudantes e podem favorecer a criação dos equívocos para explicarem os fenômenos observados.

Essas dificuldades podem ser destacadas divididas em três grupos (Quadro 01): quantitativa (caracterizadas como as que envolvem os algoritmos matemáticos utilizados para resolver algebricamente as equações e predizer o valor quantitativo das quantidades de substâncias presentes no estado final da reação), qualitativa (refere-se aos conceitos subjacentes a estequiometria que são de suma importância para compreender o funcionamento dos processos estequiométricos) e por fim as representacionais (símbolos próprios da química que codificam, sintetizam e exprimem o pensar, cujo o objetivo é propiciar a compreensão dos fenômenos de transformação da matéria) (POZO e CRESPO, 2009; SOUZA, 2006).

Quadro 01: Compilado das dificuldades em estequiometria

quantitativas	qualitativas	representacionais
Experiência matemática dos alunos contribui para suas dificuldades quantitativas uma vez que conceitos como razão e proporção e a utilização de algumas grandezas físicas relacionadas são importantes. (Galagovsky et al, 2015)	Confusão entre os níveis macroscópico e submicroscópico. (Ordenes et al, 2014)	Representação quantitativa do número de átomos em uma molécula (Sub índice). (Yaroach apud Ravilo e Lerzo, 2016)
Os métodos matemáticos para quantificar as quantidades envolvidas em uma dada reação química. (Kimberlin e Yeziarski, 2015; Fach et al 2007; Vrtayanti e Rohmah, 2020; Raviolo e Lerzo, 2016; Toledo et al 2021; Gauchuna e Meheutb, 2007)	Dificuldades relativas à escrita e compreensão de alguns termos aparentemente similares. (Toledo et al, 2021)	Coeficiente estequiométrico que acompanha cada espécie (Raviolo e Lerzo, 2016) A própria representação balanceada de uma reação (Gauchuna e Meheutb, 2007) Proporção quantitativa entre as espécies, desfavorecem o entendimento da interação submicroscópica. (Jusniar et al 2018)

Fonte: Próprio autor

Galagovsky et al, (2015) afirmaram que a experiência matemática dos alunos também contribui para suas dificuldades quantitativas, uma vez que conceitos como razão e proporção e a utilização de algumas grandezas físicas relacionadas, como exemplo: massa em gramas, massa molar, quantidade de matéria, volume e quantidade de matéria e dos constituintes químicos, íons átomos e moléculas, também podem ser explicitadas. Outros autores, dentre eles (KIMBERLIN e YEZIERSKI, 2015; FACH et al, 2007; VIRTAYANTI e ROHMAH, 2020; RAVIOLO e LERZO, 2016; TOLEDO et al 2021; GAUCHONA e MÉHEUTB, 2007), também corroboram com essa ideia, ao observar em seus trabalhos, as dificuldades em utilizar métodos matemáticos para quantificar as quantidades envolvidas em uma dada reação química.

Em relação às principais dificuldades qualitativas, expressas na literatura, ocorre quando há confusão entre os níveis macroscópico e submicroscópico, onde alguns estudantes utilizam suas experiências sensoriais para tentar explicar o que acontece no ambiente molecular, atribuindo características físicas observáveis em determinados fenômenos às espécies envolvidas neste processo (ORDENES et al, 2014, p.51).

Como resultado, os modelos científicos que podem explicar os fenômenos são negligenciados total ou parcialmente pelos estudantes, atrelado ao embaralhamento complexo entre os níveis de conhecimento da matéria, Macro e Submicro. Além disso, ainda há as dificuldades relativas à escrita e compreensão de alguns termos aparentemente similares, como por exemplo, a escrita e a representação de termos como massa molar e mol, que designam significados iguais de diferentes valores.

No que se refere à representação, os símbolos utilizados para descrever quantitativamente um fenômeno de uma reação química em forma de equação estequiométrica também é sinônimo de dificuldades no aprendizado. Yaroch apud Raviolo e Lerzo, (2016) argumenta que as equações químicas mesmo sendo apresentadas aos estudantes, ajustadas proporcionalmente, não possibilitam o entendimento dos sub índices numéricos que são utilizados para representar a quantidade relacional de cada átomo presente em cada uma das fórmulas química moleculares e tampouco os coeficientes estequiométricos que têm como fator primordial a representação da quantidade proporcional de cada uma das substâncias envolvidas no processo reacional. Assim sendo, a representação quantitativa do número de átomos em uma molécula, o coeficiente estequiométrico que acompanha cada espécie química, e a proporção quantitativa entre essas espécies proporcionam confusão e desfavorecem o entendimento de como esses átomos reagem no nível submicroscópico da matéria. Garnett et al apud Jusniar et al (2018), confirmam esse pensar ao relatar que os índices subscritos não representam o agrupamento de átomos em uma molécula e que os coeficientes estequiométricos servem apenas para mecanizar as equações no momento do balanceamento, assim os autores identificaram em seu trabalho, um equívoco relacionado à compreensão da proporcionalidade entre o número de átomos de um elemento e a proporcionalidade do número de átomos que compõem essa dada substância, ou seja, o que é possível entender que nem sempre os estudantes compreendem que há uma diferença entre os coeficientes da reação e os índices dos elementos na substância envolvida na

reação. Jusniar et al 2018, p.140, demonstrando a dificuldade de compreensão entre os subíndices e os coeficientes estequiométricos.

A própria forma de representar a equação química apresentada juntamente com o balanceamento proporcional entre as substâncias são consideradas difíceis de serem representadas pelos estudantes. Gauchona e Méheutb (2007), apontam que interpretar a equação em si é um processo difícil devido aos vários níveis representacionais intrínsecos nela, bem como os estudantes tendem a utilizar o algoritmo matemático da razão e desfavorecem a interpretação física e química.

Outra dificuldade representacional é a noção de transformação química, onde os sentidos da transformação na equação química são simbolizadas pela seta simples para reações irreversíveis e seta dupla para reações reversíveis, neste caso os estudantes só levam em consideração o momento inicial e final da reação representada, sem aterem-se para os sentidos em que as reações ocorrem e também por acreditarem que todos os reagentes são de pronto transformados em produtos, desconsiderando fatores como taxa de acontecimento da reação, balanço energético e conservação da matéria. Gauchona e Méheutb, (2007), acreditam que a equação balanceada por ser um modelo idealizado favorece a visualização do estado final e inicial desconsiderando o decorrer da transformação química.

Não obstante às dificuldades quantitativas, qualitativas e representacionais inerente à estequiometria, observa-se que as concepções alternativas ou pré-conceitos, muito enraizados nos estudantes que reconhecem o mundo sensível ao seus sentidos observáveis, contribuem substancialmente para a permanência dos equívocos produzidos no processo de aquisição do conhecimento, permanência esta que pode ser potencializada através do livro didático (GAUCHONA E MÉHEUTB, 2007, p.371) como também da instrução oriundas dos professores (FACH et al, 2007; VIRTAYANTI e RAHMAH, 2020) ao orientarem os estudantes na maneira de como solucionar problemas estequiométricos e o pensar sobre estes problemas.

Com efeito, Raviolo, 2019, p.204, afirma que as concepções alternativas muitas vezes são mantidas mesmo após o ensino. Isso acontece porque a estequiometria trata de relações quantitativas em química, construídas sobre uma base qualitativa, conceitual (RAVIOLO, 2019, p.204). Assim sendo, as dificuldades citadas devem ser analisadas e compreendidas para serem utilizadas como fonte para melhoria do aprendizado deste conteúdo que influencia diretamente na aprendizagem dos demais conteúdos químicos.

Alguns trabalhos feitos anteriormente através de variadas estratégias, demonstram possíveis maneiras de resoluções para dirimir algumas das dificuldades em estequiometria Kimberlin e Yezierski, (2015), em sua proposta voltada para os conceitos de reagente limitante e em excesso, utilizam a aplicação de uma aula teórica voltada para o modelo representacional das partículas e uma aula prática onde um dos reagentes tem sua quantidade fixa e os estudantes devem calcular a quantidade do outro reagente envolvido, segundo eles, após a instrução e segundo os dados coletados, ocorreu significativa melhora no ensino. Gauchona e Méheutb, (2007), aplicaram a experimentação e questionário para compreender e tentar minorar os equívocos sobre reagente limitante, como resultado afirmaram que para compreender quais dentre as concepções alternativas são mais resistentes, depende severamente das condições analisadas em cada uma reação química.

Raviolo (2019), utiliza simulação matemática na planilha Excel, para acompanhar matematicamente uma reação, prevendo a quantidade de produtos formados e reagentes consumidos (inicial - mudança - final), como resultados observa que maior vantagem na previsão dos reagentes e produtos, bem como favorece maior interação dos estudantes com seu processo de aprendizagem.

FACH et al, (2007), utilizou 'ferramentas de suporte escalonadas' (SST) atrelada à resolução de duas questões problemas, concluiu que alguns termos como por exemplo: equação proporcional, podem ser modificados para quantidade de substâncias e que a estratégia de resolução de problemas quantitativos pelos estudantes é influenciada pela maneira com que o professor do mesmo tenha promovido o ensino. Galagovsky et al, (2015) corroboram com essa ideia ao analisarem os livros didáticos e o discurso do professor na interação com os estudantes e relataram que o discurso do professor pode desfavorecer a aquisição dos conhecimentos químicos.

Raviolo e Lerzo, (2016) aplicaram uma sequência didática baseada na analogia da produção de sanduíches no ensino de estequiometria e obtiveram como resultados a diminuição da confusão entre coeficiente estequiométrico e índice, bem como possibilitou olhar para as dificuldades devido a confusão entre os constituintes químicas e suas representações simbólicas. Virtayanti e Rohmah, (2020) utilizaram uma planilha com questões estruturadas para superar os equívocos decorrentes do aprendizado estequiométrico, segundo os autores, a planilha favoreceu fortemente a superação dos equívocos.

Toledo et al (2021), utilizam as explicações dos estudantes com vistas a entender o processo de solidificação dos conceitos estequiométricos e como resultados apontam as explicações do tipo descritiva baseada nas observações macroscópicas do mundo cotidiano o que pode limitar os outros níveis de aprendizagem.

3.2 Base legal

Os documentos oficiais brasileiros que orientam o processo de ensino e aprendizagem apontam metas a serem alcançadas com objetivos específicos para cada componente curricular. De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) nº 9.394/1996 em seu artigo 35 inciso IV a etapa do Ensino médio (EM) tem como finalidades a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (LDBEN, 1996). O caput do art. 35-A (Incluído pela Lei nº 13.415, de 2017) determina que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) defina direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, nas quatro áreas de conhecimento: linguagens e suas tecnologias, matemática e suas tecnologias, ciências da natureza e suas tecnologias (CN) e ciências humanas e sociais aplicadas (LDBEN, 1996).

A LDBEN no parágrafo 8 do artigo 35-A deixa claro para os estudantes que concluírem o Ensino Médio deverão demonstrar: domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna e conhecimento das formas contemporâneas de linguagem, corroborando para que estas competências específicas sejam desenvolvidas na área CN.

Embasado na LDBEN, a atual BNCC define competência como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BNCC, 2017, p.08).

Para a Educação Básica, a BNCC define dez competências gerais a serem compreendidas pelos estudantes e devem dominar ao término desse nível educacional, dentre elas, destacam-se as competências um e dois, as quais podem favorecer o ensino e aprendizagem nas CN, cujo componente curricular de Química está inserido, de modo que elas possibilitam o olhar sobre a ciência, valorizando-a, como uma construção humana e permitam sua utilização por parte dos estudantes

através de seus métodos próprios como ciência e com finalidade de promover a formação humana.

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BNCC, 2017, p.09).

Na etapa do Ensino Médio, as três competências específicas das CN presentes na BNCC, propõem que os estudantes possam construir e utilizar os conhecimentos inerentes a área para argumentar, propor soluções e enfrentar desafios locais e/ou globais, relativos às condições de vida e ao ambiente (BNCC, 2017, p.470).

Nesse contexto, os fenômenos naturais ou sintéticos, os processos e objetos tecnológicos, juntamente com toda a sua linguagem própria, devem ser analisados, avaliados e interpretados visando em sua maioria o aperfeiçoamento de processos produtivos com ênfase na eficiência produtiva com menor desperdício de matéria e energia, e a partir desse ponto os estudantes deverão apropriar-se dos conceitos, procedimentos e teorias envolvidas no processo para melhorar seu entendimento e possíveis tomadas de futuras decisões (BNCC, 2017, p.573).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio PCNEM (2007, p.31) descrevem que o aprendizado da Química deve ser pautado na compreensão das transformações químicas (fenômenos) que ocorrem no mundo físico (macroscópico) e que os aprendizes sejam capazes de julgar tais transformações através das informações adquirida dos meios de comunicação, ambiente escolar e da cultura a qual estão inseridos.

A competência específica Um das CN favorece a percepção dos processos químicos, com foco no arcabouço conceitual estequiométrico que possibilita a compreensão da relação massa e energia e sua influência nos processos produtivos atrelados aos processos tecnológicos. Assim, nota-se a importância de avaliar como uma reação ocorre em um sistema fechado, como por exemplo utilizando um microcontrolador Arduino para mensurar em tempo real a formação de um determinado produto e em quais condições esse equipamento tecnológico favorece o processo educacional dos estudantes (BNCC, 2017).

3.3 Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

Os processos tecnológicos estão imbricados em toda a sociedade, perfazendo o seu caminhar em todos os âmbitos, sejam econômicos, sociais ou educacionais. Não obstante, com o advento e a difusão dos computadores, ocorreu uma mudança considerável no modo organizacional da sociedade, com isso, a variabilidade de aplicação com esse aparato tecnológico mostrou-se importante para as comunicações.

Leite, 2021, p.245, conceitua tecnologia da informação e comunicação (TIC) como a convergência entre a informática e as comunicações levando em consideração todos os meios físicos eletrônicos ou não, que compartilhassem informação. Miranda, Gomes, e Martins, 2021, p.03, abrange um pouco mais esse conceito ao relatar que TIC seria qualquer forma de transmitir ou informar, juntamente com todos os aparatos tecnológicos e meios técnicos usados para tratar a informação e auxiliar na comunicação.

Com o advento da web 2.0 onde qualquer pessoa poderia contribuir de forma efetiva na internet utilizando os novos aparatos tecnológicos dentre eles: computador, *tablet*, *smartphones*, *Smartwatch*, *smart TV* e qualquer outro dispositivo digital que permita, o acesso à internet, o que Leite, 2021, p.245, considera como tecnologias digitais, e segundo ele, ocorreu uma ampliação do conceito de TIC para TDIC (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação), ao acrescentar esse termo faz menção a qualquer tipo de informação. Miranda, Gomes e Martins, 2021, p.03, afirmam que se entende por TDIC as tecnologias que norteiam a informação e comunicação entre os seres humanos e digitais, tendo a internet e suas demais ferramentas como mediadoras.

Para o processo educacional, principalmente em Química, a utilização das TDICs pode favorecê-lo devido às dificuldades de abstração de diversos conteúdos e a descontextualização dos mesmos (DELAMUTA, ASSAI e JÚNIOR, 2020, p.1) aplicando objetos educacionais e suas possíveis intervenções no processo de ensino e aprendizagem. Leite, 2021, p.247, aponta que a incorporação delas são utilizadas como recurso para pensar, aprender, conhecer, representar e transmitir para os estudantes e outras pessoas os conhecimentos adquiridos no aperfeiçoamento desse processo, Schuartz e Sarmento, 2020, p.431, entendem que são recursos que podem enriquecer a aula e fortalecer os processos reflexivos nas aulas, colaborando para a

(re)elaboração de novos saberes devido a inserção imediata de novas informações pertinentes às aulas que outrora eram indisponíveis. Ferreira, Magalhães E Oliveira, 2020, p, 17, salientam que na função de recurso pedagógico, há possibilidade de o estudante aproximar-se da compreensão do assunto a ser abordado em aula.

Leite, 2018, p.582 e 583, aponta que o emprego das TDICS nas práticas pedagógicas não são somente um recurso, mas também eixos estruturantes de uma aprendizagem criativa, crítica, personalizada e compartilhada, promovendo o aprendizado, facilitando a interação e estimulando os estudantes a uma aprendizagem significativa.

Ferreira, Magalhães E Oliveira, 2020, p.16, em sua pesquisa com onze professores do ensino médio voltados a aplicação de três aplicativos gratuitos e a utilização dos smartphones, apresenta como resultado positivos a observação simulada da teoria apresentada em sala, figurando uma experimentação virtual que contribui para a produção do conhecimento.

Miranda, Gomes, e Martins, 2021, p.13, as autoras ao analisarem as três mil setecentos e cinco (3.705) publicações nos anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) dos anos 2015, 2017 e 2019, identificaram a contribuição de cento e vinte e um (121) trabalhos voltados para o ensino de ciências que categorizaram como “Produtos e ferramentas tecnológicas didáticas”, destes, 42,90%, das pesquisas e publicações, foram feitas com as mais diversas ferramentas didáticas, tais como: robótica, recursos audiovisuais, uso de aparatos tecnológicos, em que podem ser incluídos os celulares, computadores, lousas digitais, entre outros; trazendo conhecimentos e práticas destes, uma vez que podem ser instrumentos eficazes no processo de ensino e aprendizagem das ciências, evidenciando novas formas de interação entre professor e aluno (MIRANDA, GOMES e MARTINS, 2021,p.13).

Delamuta, Assai e Sanchez Júnior, 2020, p. 7, em uma revisão sistemática da literatura cujo objetivo era de mapear e analisar os trabalhos relevantes sobre o uso das TDIC no ensino de Química entre na década de 2008 a 2018 em 56 periódicos, encontrou 53 artigos dispostos em 17 periódicos distintos com temas sobre Tecnologias Digitais para o ensino de Química, e concluiu em seus estudos a partir de uma das categorias intitulada, Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (C1), e sua subunidade, equipamentos eletrônicos (C1.2), apresentam somente cinco

proposta para o uso dos equipamentos no ensino de Química e apenas um com o microcontrolador Arduino (DELAMUTA, ASSAI e SANCHEZ JÚNIOR, 2020, p. 7).

Utilizar os microcontroladores nos equipamentos eletrônicos no processo de ensino e aprendizagem de Química pode ser considerado útil, embora seja observado que sua aplicação ainda seja tímida no Brasil, como demonstrado por Delamuta, Assai e Sanchez Júnior (2020), bem como é uma das vertentes das TDCS.

3.4 Arduino

Arduíno é uma plataforma eletrônica de código aberto (*open source*) de fácil utilização que permite a interação entre o mundo físico e digital através de sensores diversos, os quais captam o meio físico e permitem diversos comandos no meio digital possibilitando uma infinidade de aplicações e possíveis intervenções no ambiente físico. Para isto possui linguagem e Software próprios (ARDUINO, 2018; SOUZA et al, 2011, p.1702-2)

Atualmente o Arduino é composto por várias pranchas eletrônicas divididas em cinco grupos: MKR - que pode alternar facilmente entre protocolos de comunicação sem fio com alterações mínimas de software, ao mesmo tempo em que é econômico; Nano - Uma pegada pequena com processadores poderosos e confiabilidade; Profissional - Arduino Pro consiste em uma variedade de produtos de alto desempenho classificados pela indústria; Nicla - Nosso menor espaço ocupado com recursos avançados que podem atender a diversos públicos; e o grupo Clássico que é o mais conhecido (ARDUINO, 2018).

O grupo Clássico é composto pelas pranchas Arduino Due, Arduino Leonardo, Arduino Mega 2560 Rev3, Arduino Micro, Arduino UNO Mini Edição Limitada, Arduino UNO R3, Arduino UNO R3 SMD, Arduino UNO WiFi Rev2, Arduino Yún Rev 2 e Arduino Zero (ARDUINO, 2018).

As pranchas são constituídas basicamente por um microcontrolador Atmega (pequeno processador de computador) e uma placa com diversos componentes que possibilitam a manipulação de entrada e saída de informações (ARDUINO, 2018). Apresentam-se vantagens tais como: a confecção de equipamentos de baixo custo; uma extensa gama de artigos, projetos e tutoriais dispostos online e gratuito na internet; sua plataforma é gratuita; possui alguns simuladores que ajudam na construção dos equipamentos; apresenta facilidade para programar sem a necessidade de ter conhecimentos prévios de eletrônica ou programação, mas é

recomendável conhecer os conceitos básicos. Com isso favorece para o grande número de pessoas leigas ou desenvolvedores que se organizem em comunidades, fóruns e grupos de mensageiros gratuitos com a finalidade de socializar os conhecimentos construídos (LOUSADA, 2020; URBAN, 2014, p.752).

SOUZA et al, (2011) aponta como ponto positivo a possibilidade de aquisição de placas nacionais compatíveis com Arduino, Esta placa é a versão open-hardware do original, ou seja, possui a mesma estrutura e componentes, mas difere-se pois não foi produzido na Itália (LOUSADA, 2020), de baixo valor comercial se comparada com a placa oficial do Arduino, outra possibilidade benéfica que é voltada para desenvolvedores com maior capacitação em eletrônica é a montagem de sua própria placa a partir de componentes mais básicos.

Com essa gama de vantagens, o microcontrolador Arduino possibilita a construção de vários aparatos (instrumentação) que podem ser usados nos mais diversos ramos de trabalho e pesquisa. No ambiente educacional, para o ensino e aprendizagem das ciências exatas e da Terra, o Arduino pode ser atrelado a variadas abordagens didáticas, como: observar o fenômeno, formular hipóteses, comparar os resultados obtidos com os previstos, reformular suas hipóteses, fazer ajustes experimentais e testá-las novamente o que possibilitar aos estudantes se tornarem participantes ativos no seu processo de aprendizagem (MOREIRA et al, 2018, p.738; PINO et al, 2019, p. 380).

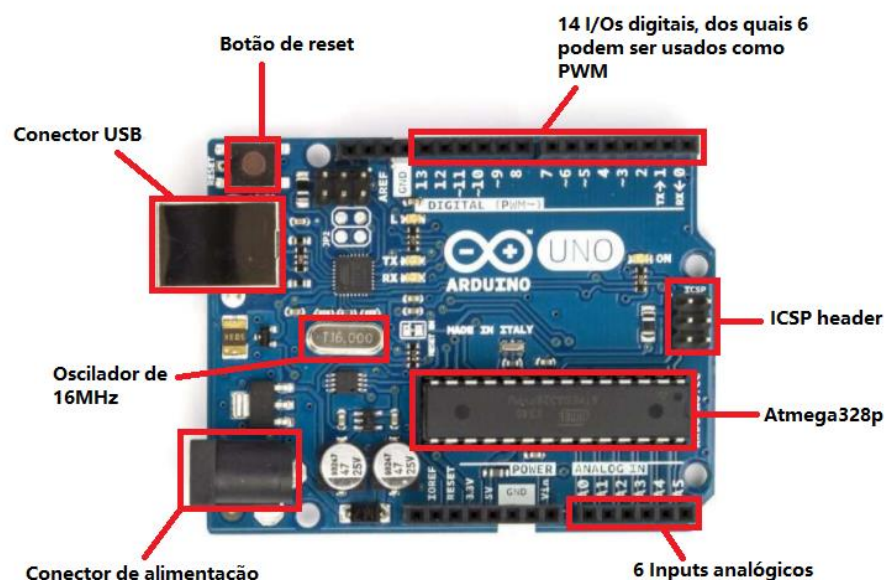
Na disciplina de Física, Souza et al, 2011, p.1701-1, ressaltam que é observado nos últimos anos um aumento significativo de propostas de experiências didáticas assistidas por microcomputadores. Moreira et al, (2018) em sua análise exploratória sobre a utilização dos microcontroladores nas aulas de Física, aponta como vantagens de uso do Arduíno para o ensino, pois ele é de fácil aquisição, tem informações acessíveis, ocupam pouco espaço e possibilita a coleta de dados, que favorecem a diminuição de abstração de determinados fenômenos físicos, contribuindo diretamente para a motivação do processo de aprendizagem dos estudantes e recurso didático para os professores. Para Martinazzo et al, (2014) no Ensino de Física, esses sistemas têm grande aplicabilidade, pois é possível ler dados de qualquer fenômeno físico detectável por sensores, ou seja, basicamente é um sistema que lê sinais elétricos em sensores expostos ao ambiente a partir de suas portas digitais e analógicas (MARTINAZZO et al, 2014, p.24).

Em Química, não obstante, o Arduino, bem como outros microcontroladores e microcomputadores tem seu destaque na construção de protótipos e equipamentos com finalidade de medições analíticas dos fenômenos físico-químicos através, por exemplo, das reações químicas, que possibilitam a observação, controle e previsão do sistema reacional analisado, a depender das variáveis a serem utilizadas.

Urban, 2015 p.968 e 969, em seu artigo de mini revisão sobre o uso de microcontroladores aplicadas à área de química analítica, sem o intuito de diferenciar quais projetos são de cunho meramente científico ou educacional, apresenta uma tabela com um compilado de cinquenta e nove (59) trabalhos feitos nessa área para a construção de algum protótipo ou equipamento laboratorial, onde quarenta e nove (49) utilizaram uma das variações do microcontrolador Arduino, dentre essas, treze (13) são do Arduino Uno, a placa mais básica da linhagem Arduino e como consequência a de maior facilidade para que os iniciantes possam propor e produzir algum projeto.

Na Figura 01 estão caracterizados os componentes eletrônicos da prancha UNO R3, ela possui excelente custo-benefício. O microcontrolador da placa Uno é o ATmega328P, com *clock* de 16MHz, 14 pinos digitais de entrada ou saída I/O, sendo seis com função PWM (*Pulse Width Modulation*), e mais seis pinos analógicos, possui memória flash com 32KB, onde são armazenados os programas. Possui o botão reset externo cuja funcionalidade é reiniciar o programa armazenado na placa. A conexão com o computador usa um cabo USB A/B, o mesmo utilizado em impressoras USB, podendo ser alimentado com uma fonte externa chaveada de 7 a 12 VDC. (THOMSEN, 2014; ARDUINO, 2018);

Figura 01: Placa arduino Uno R3



Fonte: Lousada, 2020

Os microcontroladores apresentam como vantagens para aplicação no ensino de química: flexibilidade, bom desempenho, tamanho pequeno e baixo custo. Exemplos de aplicações incluem: interrupção de amostras, extração, análise em tempo real, manipulação robótica de amostras, monitoramento de processos biocatalíticos, detecção de biomarcadores de doenças e comunicação com smartphones (URBAN, 2015, p.968).

A Tabela 01 mostra um compilado de alguns protótipos que foram idealizados e aplicados em pesquisas no Ensino de Química, a maioria deles são voltados diretamente para o Ensino Superior, mas, em muitos casos, não são impedidos de ter sua aplicação na Educação Básica, haja vista a quantidade de conceitos químicos que podem ser abordados em consonância com os conceitos abordados nos três diferentes anos do ensino Médio.

Tabela 01: Levantamento de alguns equipamentos para o ensino de química entre 2015 a 2021

autores	equipamentos	conceitos químicos trabalhados
Cruz et al, 2019	biodigestor	• Produção de biogás, CH₄, CO₂, H₂. • pH. • Temperatura. • Concentração. • Gases.
Oliveira et al 2018	protótipo de um biodigestor	• Bioenergia. • Energia. • Reações exotérmicas e endotérmicas, (termoquímica). • Ligações químicas.

		• Processos de transferência de calor. • Calor.
Kang, Yeo e Yoon, 2019	Fonte de dióxido de carbono Arduino	• Dissolução de gases. • Pressão. • Gases.
Jin et al, 2018	Potenciômetro	• Determinação de pH. • Eletrodos. • analito. • solução.
Repolho, Mafrá e Silva, 2021	Reator eletroquímico	• Eletrólise. • Gases. • Eletrodo. • Oxirredução. • Ponte salina.
Pino et al, 2019	medidor de CO ₂	• Gases. • Pressão. • Ácido e base.
Lopez-Gazpio e Lopez-Gazpio, 2020	calorímetro	• Estequiometria de reações de neutralização. • Entalpia. • Entalpias de reações ácido-base. • Entalpias de dissolução de substâncias sólidas. • Entalpia de decomposição. • Curva de resfriamento de uma mistura de água quente. • A constante do calorímetro.
Walkowiak e Nehring, 2016	chem duino	• Determinação de pH. • Temperatura. • Reação química. • Reação exotérmica e endotérmica. • Reação de neutralização. • Titulação.
Kubínová e Šlegř, 2015	1.chem duino 2.termômetro 3.manômetro 4.medidor de pH	• Ácido e base. • Escala de pH. • termoquímica. • Pressão de vapor. • Gases.
Sadegh-Cheri, 2020	microcentrífuga	• Separação de misturas. • Densidade. • Miscibilidade. • Suspensão coloidal.
Soong et al, 2020	sistema simples de imagem térmica	• Reações exotérmicas e endotérmicas. • Calor. • Temperatura. • Termoquímica.
Rodriguez-Vasquez et al, 2020	AIRduino	• Reação orgânicas. • Concentração.

		• Gases. • Compostos orgânicos voláteis (VOCs). • Temperatura. • Umidade. • Material particulado de aerossol.
Grinias, et al 2016	dispositivo de aquisição de dados baseado no Arduino Uno	• Separação e identificação de álcoois. • Cromatografia gasosa. • Potenciometria.
Castro e Santos, 2020	estação meteorológica	• Pressão. • Temperatura. • Umidade do ar. • Gases. • Processos termodinâmicos. • A composição e a estrutura da atmosfera. • A propagação da radiação eletromagnética e das ondas acústicas através da atmosfera. • Os processos físicos envolvidos na formação de nuvens e precipitação. • A eletricidade atmosférica. • As reações físico-químicas dos gases e partículas. • A microfísica de gotas e cristais e a própria química da atmosfera.
Yuniati, e rifai, 2019	espectrofotômetro	• Cálculo de concentração de soluções. • Transmitância. • Absorbância. • Lei de Lambert - Beer.

Fonte: Próprio autor

Mesmo com as vantagens e possíveis aplicabilidades descritas anteriormente, Rosenfeld, et al, 2019, p.5140, lança um olhar sobre o Arduino e sua utilização pelos professores do Ensino médio em Química, em sua pesquisa, através de um curso profissional com base na abordagem maker apresenta como resultados as dificuldades dos professores em construir os aparatos, pois os mesmos não se veem como construtores, uma vez que têm dificuldade na aplicação para atrelar os projetos aos conteúdos químicos e apresentam também dificuldades com o tempo necessário para trabalhar os projetos em sala de aula, já que o foco das aulas são voltados aos conceitos necessários aos conteúdos que serão pedidos no exame escolar final.

A Tabela 01 ainda apresenta em comum a capacidade de análises das reações químicas através de sensores. Martinazzo et al, 2014, p.22, afirmam que para ocorrer a reprodutibilidade de determinado fenômeno em condições laboratoriais. Mesmo que em sala de aula, as variáveis a serem analisadas precisam de um controle e suas respostas captadas por sensores apropriados, como sensores de pressão,

temperatura, de luminosidade, de distância, de vibração, gás, entre outros. Urban, 2015, p.967, salienta que numerosos sensores aplicados na ciência analítica fornecem sinais analógicos que variam em uma determinada faixa de escala e cita como exemplo o potencial elétrico, e Mabbott, 2014, p.1458, reitera que a função dos detectores presentes na maioria dos equipamentos é a conversão de um evento químico ou físico em sinal elétrico.

Em relação a obtenção de dados que podem ocorrer em tempo real, é possível aos estudantes levá-los ao favorecimento da capacidade de entendimento quanto às experiências de aprendizagem em sala de aula, seja pela simples motivação ou pelo fato de se ter retorno imediato de suas medições experimentais em sala (JIN et al, 2018, p.328; MOREIRA et al, 2018, p.739; PINO et al, 2019, p.377). Walkowiak e Nehring, (2016) defendem que trabalhar com dados é uma parte importante da investigação científica. Com a ajuda da aquisição de dados baseada em computador, mais tempo em sala de aula pode ser gasto trabalhando com dados, interpretando resultados e refletindo sobre a investigação (WALKOWIAK e NEHRING, 2016, p.839).

Assim sendo, observa-se que a utilização do Arduino pode favorecer o processo de ensino e aprendizagem da química, nas suas mais variadas formas, desde a construção de qualquer artefato de medição, que traz consigo uma nova abordagem no aprender a fazer pelos estudantes e professores, quanto na sua aplicação em sala de aula ao analisar fenômenos químicos e alguma variável específica quando se busca, por exemplo, compreender a sua natureza e limitações.

4. OBJETIVOS

4.1 Geral

Produzir um reator hermético com a plataforma arduino e analisar sua intervenção em sala de aula para discutir conceitos relacionados à estequiometria.

4.2 Específico

Desenvolver um protótipo de sistema reacional do com o microcontrolador UNO R3 e a plataforma arduino para identificação de gás hidrogênio em sistema fechado.

Investigar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação ao conteúdo de estequiometria.

Analisar o entendimento dos estudantes e o uso em sala de aula do PRHA ao observarem o fenômeno da reatividade do alumínio presente nos lacres das latas de refrigerantes em meio ácido.

5. METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida com o intuito de compreender como a aplicação de um equipamento eletrônico de baixo custo, utilizando a plataforma Arduino, denominado Protótipo de Reator Hermético com Arduino (PRHA), pode ajudar na compreensão de conceitos relacionados à estequiometria, enfatizando conceitos primordiais para o entendimento, tais como: equação e proporção química, elemento, substância, reagente limitante e em excesso. Para esse feito foi necessário a aplicação de quatro instrumentos de coletas, questionário aberto, duas fichas de avaliações de observação para a utilização do RHA, e uma entrevista semiestruturada sobre as impressões dos estudantes na abordagem dos conceitos relacionados à estequiométricos e o PRHA.

5.1 Público Alvo

A pesquisa foi realizada na escola Instituto de educação do Ceará localizado no bairro de Fátima em Fortaleza-CE, constando de vinte e quatro estudantes da turma da segunda série do Ensino Médio (EM) na modalidade normal, onde 12,5% podem ser caracterizados com estereótipos do gênero masculino e 87,5% do gênero feminino. Todos os estudantes já concluíram a etapa EM em anos anteriores, alguns pela modalidade regular, outros pelo Ensino de jovens e adultos (EJA). A proposta foi aplicada em cinco aulas de 50 minutos, sendo uma aula por semana, totalizando 250 minutos alocadas em um mês de atividades.

5.2 Estratégia

Segundo Gil, (2008) a pesquisa aplicada apresenta como característica principal o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos obtidos para uma aplicação imediata em uma realidade específica, podendo se estender a outras situações ou não. Esse tipo de pesquisa também pode se caracterizar como de cunho qualitativo, por ter dinamicidade entre o mundo real e a subjetividade dos sujeitos pesquisados que não podem ser traduzidas em quantificações estatísticas, bem como expõe o próprio ambiente de análise como espaço para coleta de dados e tem o pesquisador como um agente importante nesse processo (MORESI, 2003, p.9), logo, é centrada na linguagem e, por assim dizer, tudo que é dito, é dito para alguém em algum lugar, de algum lugar ou para algum lugar (SOUZA E SANTOS, 2020, p.1397).

Tem como característica tipológica ser descritiva, por objetivar a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2008, p.28 e MORESI, 2003, p.9) resultando em uma pesquisa social com atuação prática (GIL, 2002, p.42).

Por ter como público alvo da pesquisa estudantes do Ensino Médio cujo pesquisador é o professor, há, portanto, uma interação direta e ampla entre o pesquisador e os pesquisados, tal interação tende a compreender e favorecer o processo de construção do conhecimento em sala de aula minorando as dificuldades nesse processo bem como auxiliando no aumento de consciência em relação ao conhecimento produzido tanto por parte dos pesquisados quanto para os pesquisadores. Assim, o contexto desse trabalho apresenta características de pesquisa-ação, por cumprir alguns dos principais aspectos citados por Thiollent, 1947:

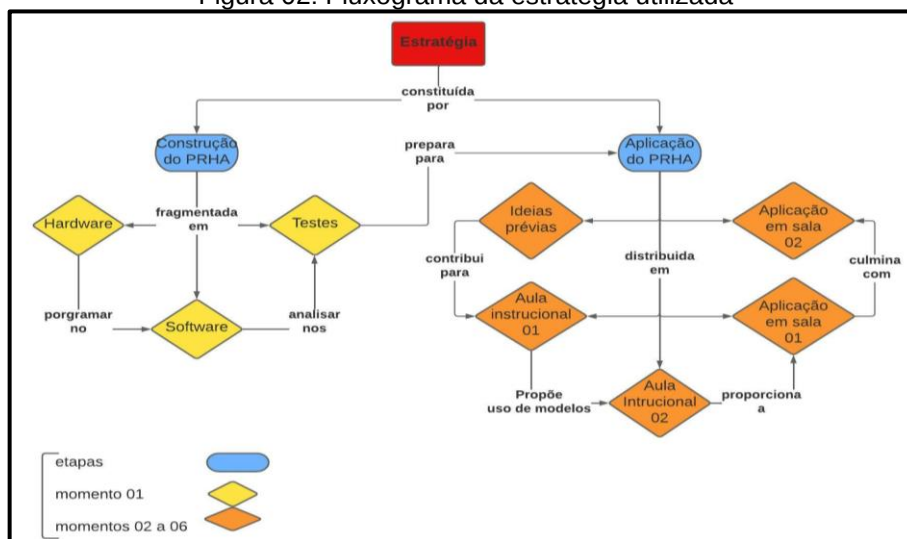
- a) há uma ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada;
- b) desta interação resulta a ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta;
- c) O objeto de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados nesta situação;
- d) O objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada;
- e) há, durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação;
- f) a pesquisa não se limita a uma forma de ação (risco de ativismo): pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o "nível de consciência das pessoas e grupos considerados (THIOLLENT, 1947, p.16)

GIL, (2002) aponta que a participação de todos envolvidos na pesquisa é fundamental para a classificação de pesquisa-ação. Porém, como na E1 não foi possível a participação efetiva dos pesquisados devido à Pandemia ocasionada pelo coronavírus e por esse motivo eles não cooperaram na tomada de decisões, será admitida a caracterização da pesquisa como pesquisa participante pois segundo Brandão, 1983, p.19, o ponto de origem da pesquisa participante deve estar situado em uma perspectiva da realidade social, tomada como uma totalidade em sua estrutura e em sua dinâmica, também deve partir da realidade concreta da vida cotidiana dos próprios participantes individuais e coletivos do processo, em suas diferentes dimensões e interações.

A partir desse delineamento metodológico a coleta de dados também se aproxima da metodologia de pesquisa participante, pois foram utilizados questionários

com questões abertas e notas de observações dos participantes, respeitando as potencialidades e limitações dos instrumentos na pesquisa (THIOLLENT, 1947, p.16), transcrevendo-os integralmente, agrupando e dispondo-os em quadros para melhor análise e compreensão dos resultados obtidos.

Figura 02: Fluxograma da estratégia utilizada



Fonte: Próprio autor

Dado essas condições a pesquisa foi desenvolvida a partir do objeto educacional, PRHA, dividida em duas etapas (Figura 02): Construção (E1) e Aplicação do Protótipo (E2), subdividida em seis momentos (M): iniciando pela produção do artefato educacional (M1), esse momento foi realizado somente pelo pesquisador e orientador, sem a participação dos pesquisados; aplicação do questionários aberto composto por três questões que busca investigar as principais ideias prévias dos estudantes acerca do conteúdo abordado (M2); seguido da primeira aula instrucional expositiva e dialógica abordando os conceitos de proporção, reação e equação química utilizando o modelo manipulável bola-bastão oriundos de materiais alternativos e de baixo custo (M3); na sequência a realização da segunda aula instrucional, explanando os conceitos sobre reagente limitante e em excesso e reaplicação de M3 (M4); aplicação do sistema reacional Arduino para acompanhar quantitativamente a formação da substância Hidrogênio (H_2) no estado gasoso a partir da reação química entre alumínio e ácido clorídrico (M5) e finalizando com a aplicação 02 do sistema reacional, para mensurar, discutir e comparar as diferenças ou semelhanças entre as duas aplicações.

Para a análise dos dados coletados, utilizou-se os elementos: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados da Análise de Conteúdo de Bardin,

que é entendida como um conjunto de técnicas de “análise das comunicações, que visa obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitem as inferências de conhecimentos relativos de condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens” (BARDIN, 2004, apud SOUSA e SANTOS, 2020). Para Carlomagno e Rocha, 2016, p.184, é uma técnica vastamente utilizada nas ciências sociais que, quando feita corretamente, tem o potencial de revelar muitos aspectos sobre os objetos analisados.

5.2.1 Construção Do Protótipo

Inicialmente ocorreu a aquisição de um kit Arduino *maker* composto por muitos componentes eletrônicos, no valor de R\$ 259,90. Porém, foram utilizados para o hardware do protótipo, os seguintes componentes presentes no kit: placa Uno r3, display de LCD 16x2, jumpers macho/fêmea e macho/macho. Os demais componentes foram adquiridos externamente à medida que o protótipo era desenvolvido. O desenvolvimento do software foi elaborado no ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Arduino utilizando as bibliotecas `LyquidCristali2c.h` e `MQUnifiedsensor.h`. A Tabela 02 especifica os componentes e suas funções.

Tabela 02: Material utilizado na construção do Hardware

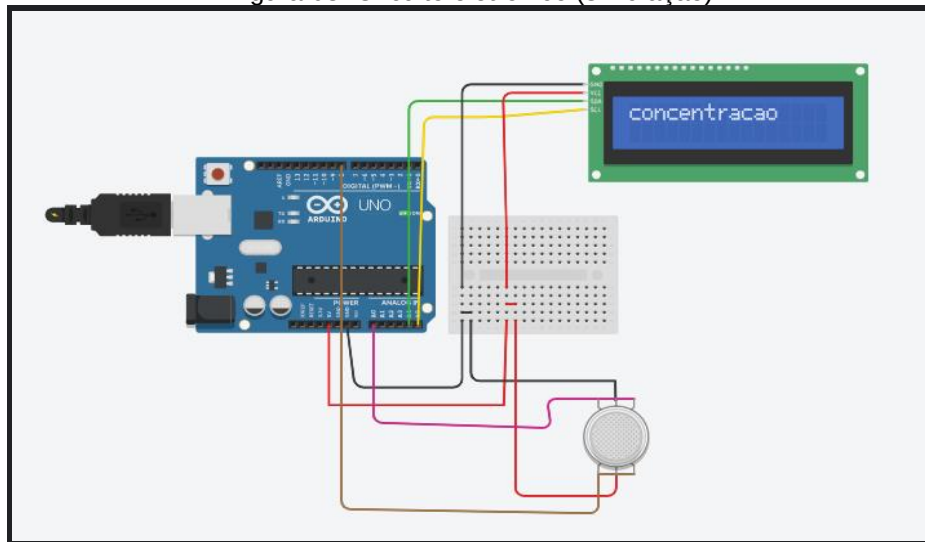
Quantidade	Componente	Função	Valor R\$
01	sensor MQ-8	detectar o gás hidrogênio dentro do reator.	24,90
01	display LCD 16x2	apresentar as informações obtidas através do circuito através da interface gráfica.	28,40
01	Módulo Serial I2C para LCD	reduzir a comunicação do Display de LCD para quatro fios: dois de alimentação e dois de sinal.	11,90
08	jumper macho/fêmea 20 cm	interligar dois pontos do circuito em projetos eletrônicos.	3,45
02	jumper macho/macho 10 cm	interligar dois pontos do circuito em projetos eletrônicos.	0,46
01	placa Uno R3 compatível com Arduino	controlar as ações que servirão para fazer a interligação entre o mundo digital e físico.	60,00
01	Mini Protoboard 25 pontos	montar os circuitos elétricos através das conexões condutoras.	5,90
01	fonte de alimentação 12V cc	alimentar energeticamente o equipamento.	7,50
01	frasco de poliestireno com vedação	alocar a reação internamente.	17,90
01	caixa de papelão	alocar todos os componentes eletrônicos.	0,00
total			160,41

5.2.1.1 Hardware

Para idealizar a construção do circuito eletrônico (Figura 03), utilizou-se o simulador *tinkercad* de maneira online e gratuita. Tal simulador tem inúmeras funções, destacando a simulação da construção bem como a parte lógica da programação para o protótipo, que possibilita a observação das possíveis inconsistências que podem comprometer tanto a funcionalidade do programa quanto a própria placa arduino.

As conexões foram feitas da seguinte maneira (Figura 03): um fio de cor vermelha é responsável por alimentar a matriz de contato (1) com 5V (saída VCC) partindo da placa Uno R3 (3); 1 alimenta a entrada (VCC) do sensor (2) e do LCD (4) com o fio de mesma cor. Em seguida, o fio de cor preta chega à 1 vindo das portas GND de 2 e 4.

Figura 03: Circuito eletrônico (simulação)

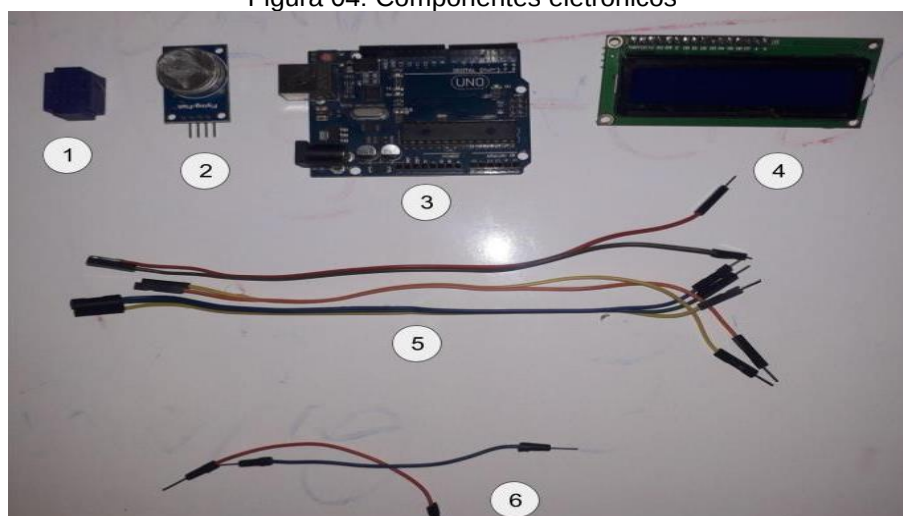


Fonte: tinkercad

O sensor MQ-8 ler os dados na porta de entrada analógica A0, essa entrada permite a variação de 0 a 5V com erro de $\pm 0,1$ V, o que transformando em caracteres é uma variação de 1023 unidades, onde cada PPM equivale a 0,004887 V aproximadamente 4,9 mV (ARDUINO, 2018). O mesmo sensor utiliza a porta digital D8 para ler e escrever os dados coletados da porta A0 no serial do arduino, que interpreta esses valores em relação a pulsos elétricos e a tela de LCD expõe esses valores em PPM.

Os componentes eletrônicos utilizados no protótipo são apresentados na Figura 04: 1 - Mini Protoboard 25 pontos; 2 - sensor MQ-8; 3 - placa Uno R3 compatível com Arduino; 4 - display LCD 16x2 com módulo i2C; 5 e 6 jumpers (fios) utilizados para interligar os componentes.

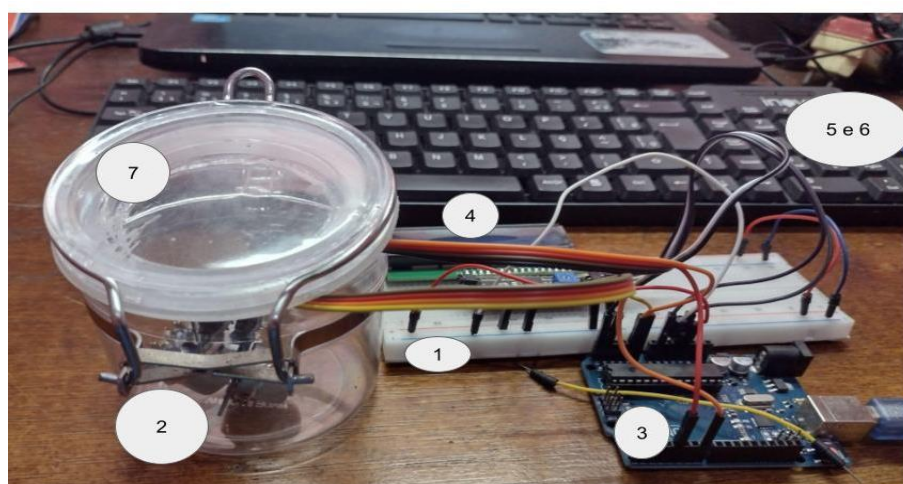
Figura 04: Componentes eletrônicos



Fonte: Próprio autor

Para a primeira montagem do circuito eletrônico, utilizou-se o módulo i2C separadamente do display LCD 16x2, ambos acoplados à matriz de contato com 830 pontos (Figura 05), o que deixou as medidas iniciais do invólucro do equipamento grande para o experimento inicial. Como uma das ideias é ter um equipamento que ocupe o menor espaço possível, a matriz de contato de 830 foi substituída inicialmente por uma de 170 furos, e findou-se com uma mini de 25 furos por ocupar menos espaço, contribuindo para a redução das medidas do envoltório do equipamento, miniaturando-o mais (Figura 05).

Figura 05: Circuito eletrônico (montado)



Fonte: Próprio autor

Na Figura 05, é observado um recipiente transparente de poliestireno com capacidade de 220mL (7), esse recipiente é o local onde as reações são realizadas e foi escolhido devido a fatores como custo-benefício e ser hermeticamente fechado,

embora possa haver a possibilidade de escape da matéria no estado gasoso, mesmo que em pequena quantidade.

Os materiais utilizados para a produção dos invólucros, foram: papelão reutilizado (8) a parte física do invólucro; pincel atômico (9) para demarcar o que seria cortado, régua plástica (10) para limitar e mensurar os estiletes (11) para cortar sobre as demarcações e a pistola de cola quente (12) para colar e montar a estrutura externa do equipamento (Figura 06).

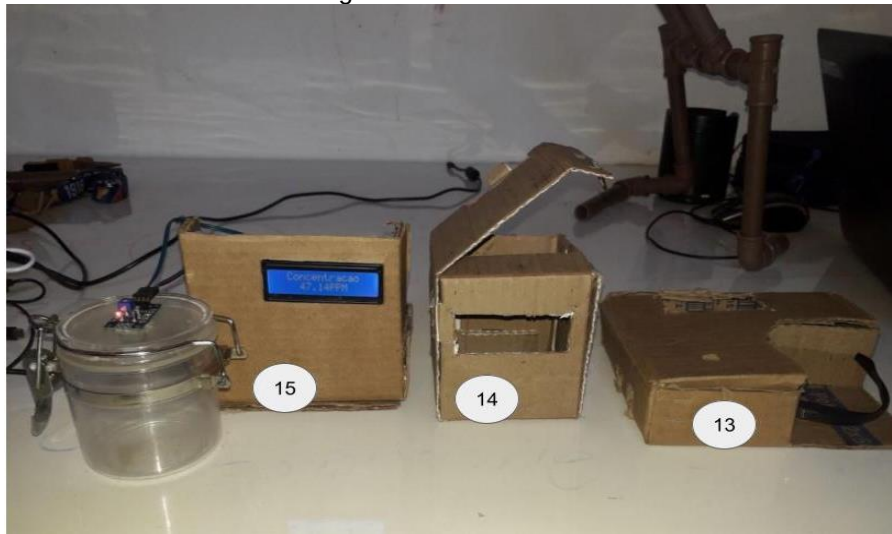
Figura 06: Material para construção do invólucro



Fonte: Próprio autor

Na Figura 07, estão dispostos os três invólucros, produzidos com papelão reutilizado. O primeiro (13) com formato de paralelepípedo com as medidas de base 14 cm^2 e altura 6 cm, apresentava um espaço na base, de 8 cm de diâmetro, para acoplar o recipiente no próprio invólucro. Já o segundo (14), com formato de cubo, possui as medidas das arestas de 10 cm. O terceiro invólucro (15) apresenta base de 6 cm de profundidade x 12 cm de largura, com altura frontal de 10 cm e traseira de 4 cm.

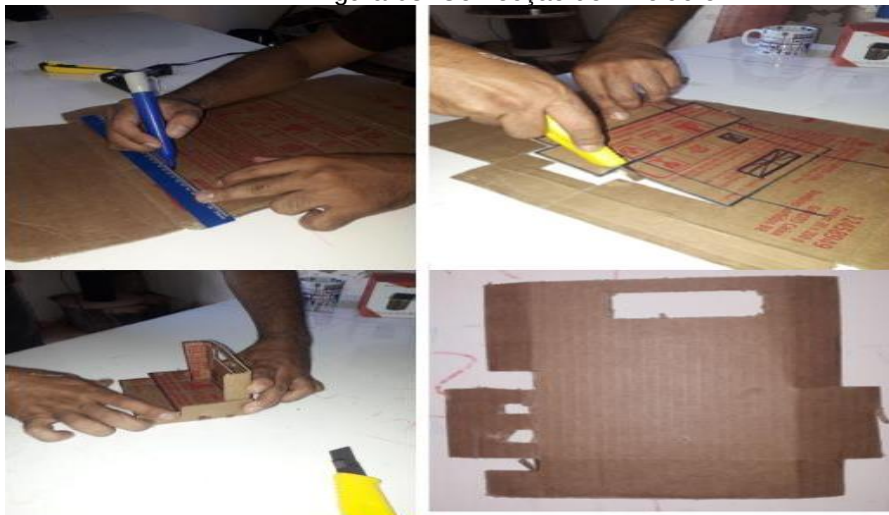
Figura 07: Invólucros construídos



Fonte: Próprio autor

O processo de produção do invólucro (Figura 08) foi realizado mais de uma vez, sempre em busca de miniaturizar o máximo possível se tornando uma peça funcional tanto para acomodar bem o circuito quanto para que fosse de fácil manejo para transportar, com isso os dois primeiros, foram descartados por não favorecer a visualização da reação e ao mesmo tempo a demonstração dos dados ou não possibilitaram uma acomodação pertinente para o circuito eletrônico.

Figura 08: Confeção do invólucro



Fonte: Próprio autor

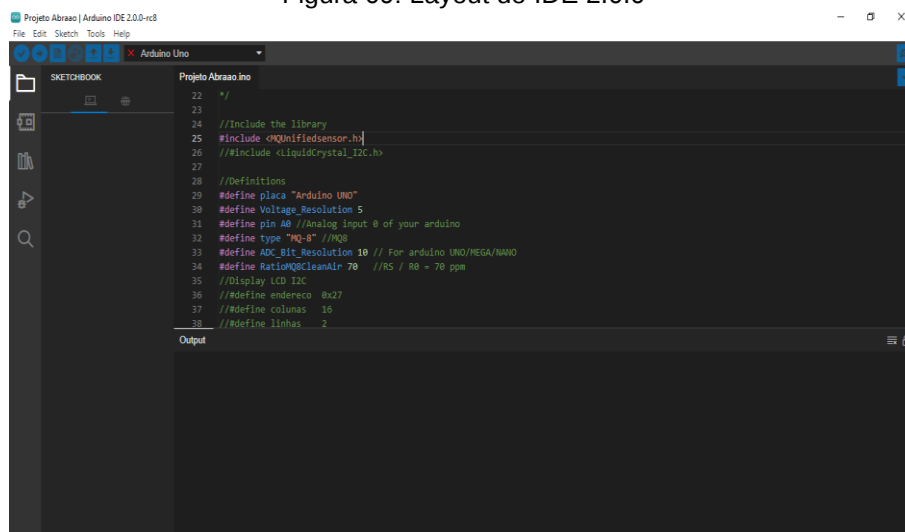
5.2.1.2 Software

A programação foi realizada no software Arduino (IDE) 2.0.0 de código aberto que facilita a escrita de código e o upload para a placa (ARDUINO, 2018). Este software pode ser usado com qualquer placa Arduino bem como placas clones do arduino. Para facilitar a programação foram utilizadas as bibliotecas digitais,

MQUnifiedsensor.h e LiquidCrystal_I2C.h, hospedadas no IDE Arduino. Bauermeister, (2018) define que é um conjunto de instruções desenvolvidas para executar tarefas específicas relacionadas a um determinado dispositivo, esta condição facilita a construção do software para leigos e pessoas experientes no ramo da programação.

A Figura 09 apresenta a interface gráfica do IDE arduino para ser efetuada a programação, a criatividade e o objetivo do equipamento devem ser levados em consideração para que seja concluída de acordo com o almejado.

Figura 09: Layout do IDE 2.0.0



Fonte: ARDUINO, 2018

Erros de programação principalmente para iniciantes e até profissionais são comuns ao carregar o código para o arduino, mas caso haja algum erro no código, ele não é carregado para a placa arduino e a IDE informa quais os erros de programação possibilitando sua correção. No caso desse Software os principais erros foram referentes ao manuseio das variáveis matemáticas necessárias para o funcionamento do sensor utilizado.

5.2.1.3 Testes do protótipo

Foram realizados quatro testes iniciais utilizando a reação de oxirredução do alumínio em meio ácido, nesse tipo de reação deve ser levado em consideração tanto o balanceamento entre as massas quanto o balanceamento entre as cargas iônicas, e este fenômeno é representado pela (Expressão 1), em que todos os testes mantiveram fixas as quantidades dos reagentes envolvidos: 50 mL de Ácido muriático comercial a 6M, aproximadamente (0,3 mol) de HCl e um lacre (Figura 10), de aproximadamente 0,25 gramas, (0,12 mol), de alumínio provenientes do anel da lata de bebidas de alumínio.

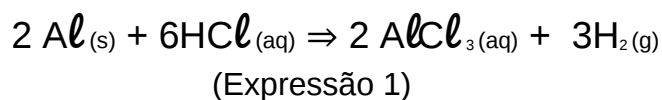


Figura 10: Lacre de alumínio

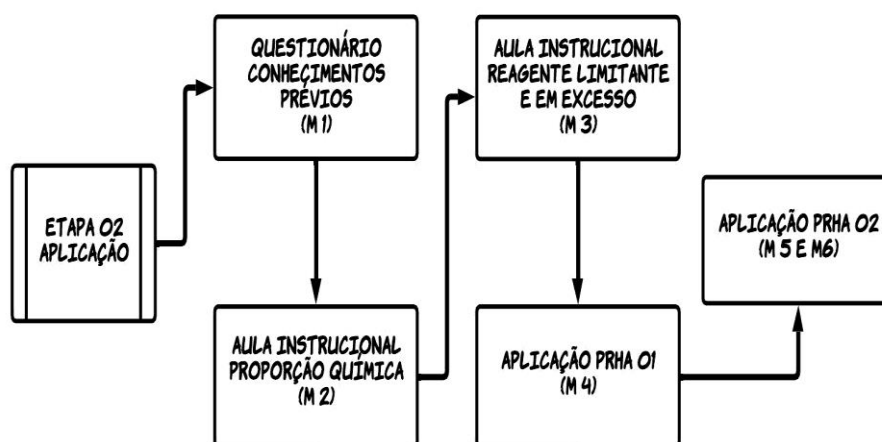


Fonte: Próprio autor

5.2.2. Aplicação Do Protótipo

A aplicação do protótipo foi dividida em cinco momentos (Figura 10), expostas em cinco encontros e teve início com a identificação das ideias prévias (M1) relacionadas ao conteúdo de estequiometria. Para esse momento foi aplicado o questionário, Apêndice 01, contendo quatro questões abertas que visava investigar concepções dos estudantes sobre conceitos como proporção química, representação de um fenômeno químico, reagente limitante e em excesso, produtos formados no estado gasoso de agregação e reatividade do alumínio.

Figura 11: Fluxograma da Etapa 02

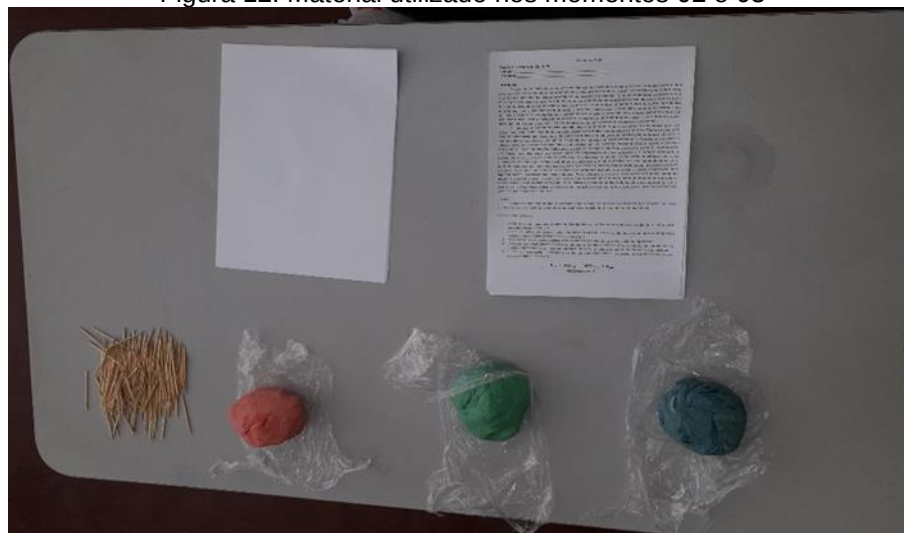


Fonte: Próprio autor

Com os resultados obtidos do M1 foram planejados os momentos seguintes M2 e M3, nesses dois encontros utilizou-se do modelo bola-bastão para representar o que

ocorreria a nível submicroscópico com os constituintes envolvidos, para tal representação recorreu a materiais alternativos e de baixo custo, como: massa de modelar caseira para representar os átomos dos elementos envolvidos, adotando-se cores específicas e aleatórias em cada um dos elementos químicos, sendo azul para hidrogênio, verde para o ácido clorídrico, e vermelho para o Alumínio e diferenciando o os tamanhos das esferas à partir dos raios atômicos dispostos no livro didático utilizado por essa turma; palitos de dentes para representar as ligações entre os átomos juntamente com uma folha em branco (M2) e do caderno dos ES (M3) cuja funcionalidade era de limitar o espaço onde ocorreria a reação, ou simplesmente simular o sistema reacional fechado e um roteiro da atividade (Apêndice 02), (Figura 11).

Figura 12: Material utilizado nos momentos 02 e 03



Fonte: Próprio autor

Na Figura 12, está exposto os materiais utilizados para as aulas instrucionais expositivas dos momentos 02 e 03, cada um dos momentos tiveram suas particularidades deste as simulações que tinham suas quantidades proporcionais distintas entre os reagentes quanto as interações aluno-aluno, aluno-professor, bem como os conceitos utilizados em cada um dos momentos, vale ressaltar que as simulações utilizando o modelo bola-bastão são baseadas no modelo atômico proposto por Dalton, que apresentam os átomos como sendo esferas maciças e sem cargas.

Figura 13: ES utilizando modelo bola-bastão no momento 02



Fonte: Próprio autor

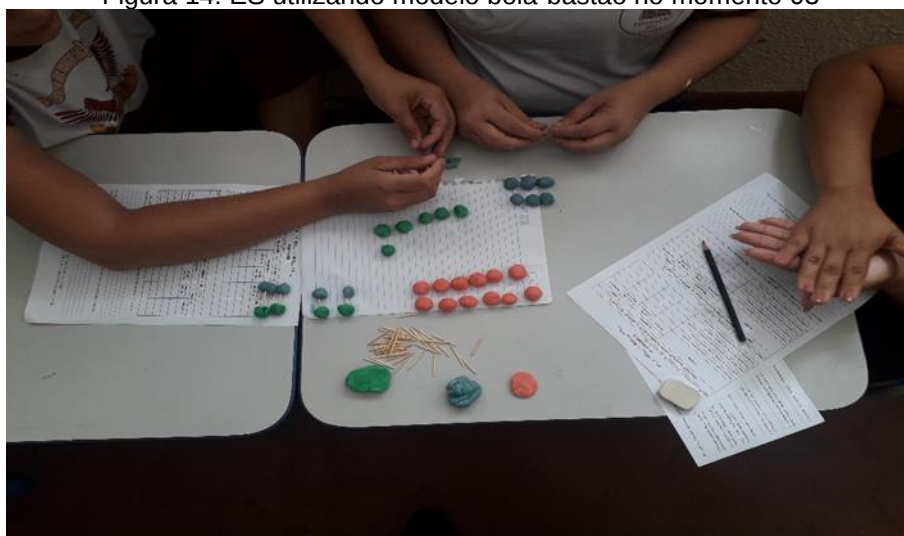
A Figura 13, apresenta os ES em duplas formadas por afinidade e manipulando os materiais no momento 02. Para Rost e Knuuttila, (2022) a modelagem contribui para o raciocínio científico dos estudantes devido ao processo investigativo, também afirmam também que os modelos podem ser tratados como artefatos bem como representações diretas e exclusivamente determináveis de sistemas alvo analisados, embora para ele seja mais benéfico a utilização de modelos como artefatos.

É importante esclarecer que nem todas as representações são modelos. Modelos são representações especializadas que incorporam aspectos de mecanismo, causalidade ou função para ilustrar, explicar e prever fenômenos (SCHWARZ et al ,2009, p. 634).

Schwarz et al, (2009) apontam as contribuições dos modelos para o ensino e aprendizagem ao relatarem que eles fornecem explicações dos comportamentos dos fenômenos analisados e possíveis previsões desses comportamentos.

As simulações proporcionais dos reagentes no modelo utilizado, foram $12\text{Al}:12\text{HCl}$, $4\text{Al}:7\text{HCl}$ e $1\text{Al}:5\text{HCl}$. Com o intuito de evitar concepções alternativas relacionadas ao tamanho do átomo, utilizou-se a tabela de raios atômicos presente nos livros didáticos, para diferenciação entre os átomos presentes na reação, bem como utilizou-se cores aleatórias para também diferenciar os átomos entre si. No decorrer da manipulação foi utilizado a expressão química, disposta no quadro branco, que simboliza o modelo de reação analisado e foram discutidos conceitos inerentes ao sistema, dos quais: a proporção em que os reagentes se combinam a partir da equação balanceada, bem como a proporção dos produtos a serem sintetizados; massa molar; massa molecular, massa em gramas.

Figura 14: ES utilizando modelo bola-bastão no momento 03



Fonte: Próprio autor

No momento M3, Figura 13, as proporções entre os reagentes utilizadas, diferentes do momento 02, são: 12 Al:12 HCl, 4 Al:7 HCl e 1 Al:5 HCl, também foi utilizada e preenchida com as observações dos estudantes no roteiro de aula proporcional 02 (Apêndice 02), nele objetiva-se que os ES a escrevessem e observassem a quantidade de material que interagiu e o que não interagiu. E fossem capazes de correlacionarem com a expressão química. Em nenhum dos dois momentos foi levado em consideração a geometria molecular, e, portanto, os estudantes ficaram livres para manipular da maneira que acreditavam ser as geometrias. Com este instrumento, e utilizando os mesmos métodos do momento 02, trabalhou-se os mesmos conceitos do momento anterior, acrescido do conceito subjacente de Reagente Limitante e em Excesso.

Figura 15: Material utilizado na aplicação 01 e 03



Fonte: Próprio autor

Para o quarto encontro, M4, aplicação 01, feita em sala de aula cuja haja vista que o PRHA pode ser utilizado em variados ambientes não necessitando de espaço específico para sua aplicação (laboratório de Ciências), os estudantes foram divididos em duplas e o critério para essa divisão era o de afinidade por pares, mesmo em duplas foi entregue uma ficha de observação 01 (Apêndice 03) para cada um dos integrantes. Em seguida foi realizada a apresentação do protótipo, descrevendo sua funcionalidade e apresentando a expressão química que representa a reação realizada e observada no sistema. Na disponibilização do material necessário à prática e montagem do sistema (Figura 14) a balança digital de bolso de marca Leon GTS, caiu ao solo e foi danificada impossibilitando sua utilização, em seguida foi substituída por uma balança digital analítica de marca *OHAUS Traveler* TA 301, apresentando os resultados com duas casas decimais. Porém, ela apresentava erros de medidas por estar descalibrada e seu display estava mostrando o resultado da medida muito claro dificultando a visualização, não existindo outra opção, ela foi utilizada.

Como o tempo do encontro era de cinquenta (50) minutos, houve a necessidade de agitar o sistema preparado dentro de uma garrafa PET de 250 mL antes e após 3 minutos de agitação intensa, foi transferido para o depositado no PRHA, com vistas a acelerar o processo reacional.

Figura 16: Manipulação do PRHA



Fonte: Próprio autor

Para participar da atividade, após os testes iniciais, dois estudantes presentes foram convidados aleatoriamente para manipular o equipamento e preparar o sistema (Figura 16). Ambos os estudantes utilizaram luvas, óculos de proteção máscara

respiratória e jaleco que são considerados como equipamentos de proteção individual (EPI) pela norma regulamentar N°6 (NR-6 Brasil, 2018) e bastante recomendados por manuais elaborados para aulas práticas laborais em Universidades brasileiras quando se trabalha com substâncias químicas que possam causar algum tipo de dano para quem as manipula (UFSC, 2019; UFPB, 2015). Cada um ficou responsável por preparar, caso houvesse necessidade, e transferir para o reator um dos reagentes necessários à reação.

O (E1) transferiu uma alíquota de cinquenta mililitros (50 mL) de HCl comercial para o reator e o (E2) cortou em pequenos pedaços de dois lacres de alumínio cuja massa era de aproximadamente 0,5 gramas em dezesseis (16) pedaços, transferindo-o também para o sistema, fechando-o. Todos anotaram os dados iniciais dispostos no display do equipamento.

No decorrer da exposição dialógica, e se apropriando da observação bem como da expressão química que representa o fenômeno em estudo, mais uma vez disposta no quadro branco, os conceitos básicos vistos no momento 02 foram discutidos com a tentativa de os estudantes correlacionarem os diferentes níveis de químicos e o encontro entre eles.

Figura 17: Aplicação 02



Fonte: Próprio autor

No quinto encontro (M5 e M6), as discussões e exposições foram em torno dos conceitos subjacentes, reagente limitante e em excesso, e os estudantes tentavam prever a possível quantidade de gás que seria produzido com as quantidades de reagentes utilizadas, e caso não fosse alcançada a previsão, os estudantes propunham possibilidades para os valores obtidos. Nele, foi reaplicado o equipamento

seguindo os passos descritos no momento, M4 (Figura 17) , as duplas permaneceram as mesmas do encontro anterior, diferenciado algumas situações: a ficha de observação 02 (Apêndice 04) foi entregue, os estudantes (E3) e (E4) que manipularam o equipamento foram distintos do encontro anterior e ocorreu quase o dobro de massa dos lacres de alumínio, 0,9 gramas mantendo a quantidade de ácido clorídrico comercial do experimento anterior e a balança utilizada nesse momento foi a balança digital de bolso de marca Leon GTS em ótimas condições de uso.

M6, foi realizado de maneira assíncrona e online através do aplicativo de mensagens instantâneas que visou obter as percepções dos estudantes em relação do PRHA e com o aprendizado em química que eles foram submetidos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção estão dispostos os resultados inerentes às duas etapas da pesquisa, para a Etapa 01 encontram-se registros fotográficos que demonstram o passo a passo na construção do PRHA e na Etapa 02 estão dispostos em quadros os dados coletados dos ES pelos instrumentos de coleta: Ideias Prévias (apêndice 01), Uso de modelos (apêndice 02), ficha observacional 01 (apêndice 03), ficha observacional 02 (apêndice 04) e as respostas dos ES quanto a utilização do PRHA. Destaca-se, que todos os comentários dos estudantes obtidos nos instrumentos de coleta de dados foram transcritos de forma integral, sem ser retirado nenhum símbolo gráfico e muito menos alterada sua grafia.

6.1 Etapa 01

O PRHA, funciona da seguinte maneira, coloca-se uma alíquota de ácido muriático de concentração 6 mol.L^{-1} em seguida calcula-se a quantidade de mols presente na alíquota e também sua massa, na sequência utiliza lacre de alumínio, verifica sua massa sobre uma balança e estima sua quantidade de matéria. Após esses passos, deposita os dois reagentes dentro do espaço voltado para reação no PRHA, observa as informações que serão apresentadas em PPM no display de LCD e transforma dessa unidade para massa em gramas e posteriormente em quantidade de matéria (mols), finaliza comparando os resultados obtidos com as massas iniciais e com a expressão química balanceada fomentando discussões do que que possa ter sido transformado ou que possa restar como reagente no final da reação química.

Nos testes 01 e 02 (Figura 18), utilizou-se o circuito que foi acoplado no invólucro 01, que não foi benéfico para a visualização da reação e posteriormente descartado. Nesse teste, o lacre foi colocado inteiro, assim como o módulo do sensor MQ-8 que não foi calibrado e muito menos pré-aquecido como recomenda as informações técnicas, também foi totalmente acoplado dentro do reator cuja capacidade volumétrica descrita pelo fabricante é de duzentos e vinte mililitros (220 mL), o que pode ter ocasionado a oxidação dos pinos de contato e da fiação.

Como resultado, observou-se nas leituras do sensor a variação da concentração de H_2 , expressa na unidade partes por milhão (PPM), uma faixa de variação extensa, iniciando em cinquenta e quatro (54 PPM) e chegando a cerca de 900 PPM de H_2 , isso indicaria a existência de aproximadamente 846 PPM de H_2 captados pelo sensor somente na fase gasosa do sistema, assumindo que o espaço para essa fase possui aproximadamente cento e setenta mililitros (170 mL) e desconsiderando frações molares do gás H_2 que podem ter sido solubilizado na fase líquida.

Figura 18: Teste 01 e 02



Fonte: Próprio autor

Ao observar a fase líquida no PRHA, Figura 18, é notória a geração de substância gasosa entre a interação das partículas do lacre de alumínio no estado sólido e a solução de ácido muriático, o que no início do fenômeno não era observado, provavelmente pode ser o gás H_2 . Em relação a vedação do sistema reacional que é feita apenas com um anel de borracha, essa pode favorecer a troca de massa com o meio externo, desfavorecendo a precisão das medidas na leitura do sensor. Na fase gasosa é observado a condensação em forma de gotas adsorvidas nas paredes

internas, o que também pode desfavorecer para as reais medidas da leitura do sensor.

Outro fator importante é o tempo de reação que nos dois primeiros testes foram acima de três horas, o que inviabiliza sua aplicação em sala de aula, pois o tempo de duração de uma aula na rede estadual de ensino do Ceará é de 50 minutos (Tabela 03).

Para o teste 03, o reator ficou externo ao invólucro 02, porém o invólucro utilizado apresentou como limitação a impossibilidade de reinicializar o sistema caso fosse necessário, logo, foi descartado. O módulo do sensor continuou acoplado internamente ao reator, porém foi pré-aquecido por 12 horas. O lacre de alumínio foi dividido em oito partes, para que sua superfície de contato aumentasse e como consequência diminuísse o tempo de reação, que ficou abaixo de três horas. Outro fator importante foi a variação da concentração de 202 PPM, onde iniciou-se em quarenta e oito (48) PPM atingiu o pico de aproximadamente 250 PPM.

Figura 19: Teste 04



Fonte: Próprio autor

No teste quatro (Figura 19), utilizou-se o invólucro 03 onde foram corrigidas as imperfeições dos invólucros anteriores e os procedimentos relacionados ao sensor. Dentre eles, apenas o sensor ficou interno ao reator e o módulo externo, o pré-aquecimento recomendado pela fabricante de 24 horas foi efetuado. Como resultado a faixa de variação foi de 200 PPM. Em relação ao lacre de alumínio, foi dividido em 16 partes, o que favoreceu a diminuição do tempo de reação para aproximadamente 1,5 horas.

Tabela 03: Resultados dos Testes do PRHA

Teste	reagentes		Produto obtido	Tempo de reação
	Al (s)	HCl (aq)	H ₂ (g)	
01	0,25 g (inteiro)	50 mL	985 PPM	> 3 horas
02	0,25 g (2 partes)	50 mL	700 PPM	> 3 horas
03	0,25 g (8 partes)	50 mL	250 PPM	< 3 horas
04	0,25 g (16 partes)	50 mL	200 PPM	< 1,5 horas

Fonte: Próprio autor

Os testes apresentaram como resultados (Tabela 03): necessidade de seguir as instruções presentes na ficha técnica do sensor com o intuito de melhorar a precisão das coletas de dados; a velocidade da reação não pode ultrapassar o tempo de uma aula e para isso manipular a superfície de contato do reagente no estado sólido é necessário; os valores da concentração PPM em todos os testes feitos, flutuam e alcançam picos mais elevados de concentração quando há uma intensa síntese de H₂, e logo após esse ponto, mesmo que ainda seja observável a produção de H₂, ocorre a diminuição da concentração lida pelo sensor, o que pode indicar perda de massa do sistema para o meio externo.

6.2 Etapa 02

6.2.1 Público-alvo

A amostra pesquisada possui vinte (20) estudantes e foram caracterizados pela letra E atrelado a um número cuja finalidade é manter o anonimato e sigilo das informações dos participantes da pesquisa. Em relação a participação dos pesquisados, em média, de 50% de todos estiveram frequentes em todos os momentos, e 30% participaram efetivamente de todos os momentos da etapa 02, totalizando cinco estudantes, são eles: E1, E4, E7, E8, E11 e E20. Enfatizo que os estudantes E1, E4, E14 e E16, são surdos, e E13, é surda-cega, por serem portadores dessas deficiências, possuem apenas uma intérprete para os acompanharem na sala de aula.

A infrequência da turma é comprometida por diversos fatores, sendo o deslocamento o que mais afeta, haja vista que essa Unidade Escolar é localizada em um bairro central da cidade de Fortaleza, e por ser a única na modalidade normal, tem seu público alvo bem variado, tanto na faixa etária, quanto no que se refere ao local onde residem para se deslocar até à escola, sendo que a maioria dos estudantes são de baixa renda, o que às vezes impossibilita a presença deles todos os dias de aula na escola.

O estudante E2 foi transferido para o turno noturno devido a motivações pessoais e E14 precisou trancar a matrícula escolar, portanto participaram apenas do momento 1. Este é outro fator que afeta qualquer trabalho que necessite de um tempo superior a dois encontros mensais, pois a maioria dos estudantes já têm idade superior a dezoito anos e se encontram fora do mercado de trabalho e quando conseguem uma oportunidade de emprego, normalmente abandonam a escola ou mudam de turno.

Os pesquisados têm aproximadamente a média de vinte e oito (28,8) anos de idade, e todos já concluíram anteriormente o Ensino Médio, com tempo médio de dez (10) anos desde o período de conclusão. Com isso observamos que de um modo geral tiveram contato com o conteúdo químico em algum momento de sua vida estudantil, não obstante podemos afirmar que o conteúdo estequiométrico tenha sido apresentado a esses estudantes, embora faça parte do conteúdo programático de química do Ensino Médio em tempos anteriores.

6.2.2 Ideias Prévias

Os livros didáticos utilizados como textos bases para o acompanhamento da disciplina química no Ensino Médio do público alvo desta pesquisa, propõem o conceito de reações químicas a partir de exemplos próximos ao cotidiano dos estudantes, cujo núcleo principal é a transformação de substâncias com liberação de energia:

Na preparação da água de cal, a cal reage com a água e a temperatura aumenta. Ocorre uma transformação, ou reação química, que forma um produto, o hidróxido de cálcio, e libera energia (por isso a temperatura aumenta) (FONSECA, 2016 p.74).

Ao gerar a chama em um fogão, o gás de cozinha (propano e/ou butano) utilizado como combustível deixa de existir. Neste momento, ocorre uma reação com oxigênio que forma água (no estado gasoso) e gás carbônico, além de fogo, que é proveniente da transformação de parte da energia envolvida nas ligações químicas do gás de cozinha e do gás oxigênio. Temos aqui, então, uma típica transformação química ou reação química, pois houve mudança na matéria e na energia (GODOY, DELL'AGNOLO e MELO 2021, p.95)

Raviolo; Garritz, e Sosa, 2011, p.248 e 249, ao definirem o conceito de reação química diferenciam as características quanto aos níveis macroscópico (um processo no qual uma substância ou substâncias são formadas a partir de outra ou de outras) e submicroscópico (há uma redistribuição de átomos ou íons, formando outras estruturas diferentes tais como moléculas ou redes cristalinas (RAVIOLO, GARRITZ, E SOSA, 2011, p.248 e 249).

Embasado nessas definições descritas para o entendimento do conceito de reação química, analisamos as respostas dos estudantes pesquisados obtidas através do instrumento de coletar ideias prévias (apêndice I) as quais apresentam suas perspectivas para abordagem desse conceito e dispostos no quadro abaixo.

Quadro 02: Questão 01

Tomando como base seus conhecimentos, apresente suas ideias sobre o que você entende por reação química, caso conheça exemplos de reações químicas observadas por você no seu cotidiano ou em qualquer outro contexto, apresente-as aqui. Você pode descrever com palavras a reação conhecida ou representar de forma simbólica com letras e números (Ex.: $A_{2(s)} + B_{2(l)} \rightarrow 2AB_{(aq)}$). Obs.: Pode apresentar o máximo de reações que conhece.	
conceito reação química	
transformação	- transformação que ocorre (E2) - processo pelo qual duas ou mais substâncias reagem dando origem a uma nova substância com propriedades diferentes dos reagentes. (E12) - fusão de dois elementos que se transforma em um (E18)
Contato	- Um elemento em contato com um ou mais elementos pode ocorrer uma reação química (E8) - Dois átomos interligados (E10)
Ausência de resposta	E1, E3, E4, E6, E7, E9, E11, E14, E15, E20
exemplos de reação	
analogia a partir dos exemplos do professor	- B2 arroz com feijo água copo 2 mudar fogor calor pode tempo mora depos B2 (E1) 2 copos com água em um copo coloque 4 colheres de açúcar no outro copo 4 colheres de sal você vai perceber que em cada copo a medida de água mudou a do sal volume de água aumentou em pouco e a do açúcar ficou a mesma quantidade de água, depois de ferve-las percebemos que o sal ficou com algumas partículas sobre a água o copo com açúcar ficou totalmente no fundo (E9)
evidências de reação	- Bicarbonato de sódio em contato com a água tem como reação química a efervescência (E8) - dióxido de carbono + S+... que rompem a camada de ozônio, Vinagre mais bicarbonato de sódio que espumam: experiência do vulcão, detergente numa panela engordurada; manteiga/ +margarina que retiram manchas sujas de óleo mecânico. São semelhantes. (E6) - água/óleo, acetona/esmalte, coca-cola/balas de goma, água/gás (E18) - Reação química pode acontecer no preparo de bolo. Para o bolo crescer e ficar fofo é preciso usar uma quantidade correta de ingredientes, quando coloca fermento em pó observa que acontece o crescimento do bolo (E13) - fogo (E11)
substâncias	Água, oxigênio e gás (E11)
tipo de reação	Combustão (E12)
Simbologia Química	$H_2O + CO_2$ (E7) $A_2 + B_2 \rightarrow A_2B_2$ (E14)

		• CO_2, NHO, H_2O, CH_2, $6HC$ (E15) • H_2O, CO_2, H_2, $A_1B_2C_{H_2}$, $E_{(2)}$ (E20)
Ausência de resposta	de	E2, E3, E4, E10

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

No Quadro 02, agrupamos as respostas dos estudantes de acordo com o núcleo de suas sentenças escritas, para a identificação do conceito de reação química três categorias foram elencadas: transformação, contato e ausência de respostas (não responderam a pergunta). E para os exemplos de reação apresentados pelos estudantes, observamos a ocorrência de uma gama maior de categorias, são elas: analogia a partir dos exemplos do professor, evidências de reação, substâncias, tipo de reação, simbologia química e ausência de resposta.

Ao observarmos as respostas dos estudantes em relação ao conceito de reação, na categoria transformação, apenas três estudantes (E2, E12 e E18) apresentam semelhança de respostas com os conceitos apresentados pelos livros didáticos (FONSECA, 2016, p.74; GODOY, DELL'AGNOLO e MELO, 2021, p.95), embora limitada, levando em consideração somente a transformação de matéria sem atentar para questão energética envolvida no processo reacional. Observa-se também que E12 apresenta a visão macroscópica de transformação de acordo com o apresentado nos livros didáticos e com a definição de Raviolo, Garritz e Sosa, 2011, p. 248 e p. 249.

O E18, apresenta algo aproximado à visão submicroscópica do que seria uma reação química descrita por Raviolo, Garritz, e Sosa (2011), por fazer referência aos elementos químicos e classificar como “fusão” propondo que dois elementos sofressem um processo de junção nuclear transformando-se em um único elemento. Já para o E2, não fica claro em qual dos dois níveis químicos, o seu entendimento de reação está ocorrendo, haja vista ser uma resposta muito geral em relação ao termo analisado em que foi agrupada a resposta.

Outro ponto importante para ser salientado é a noção de que a reação tende a ocorrer em meio à presença de duas substâncias resultando na síntese de uma única substância, tipificando a reação como sendo de adição entre os reagentes, haja vista que os livros didáticos adotados para a turma analisada tipificam as reações em análise (decomposição), síntese (adição), dupla troca e simples troca. Casado e Raviolo, 2005 apud Raviolo; Garritz, e Sosa, 2011, p.248, apontam em sua pesquisa que muitos

estudantes relacionam reação química com misturas de substâncias sem admitir a possibilidade de uma decomposição química tomando como base uma única substância como reagente na reação.

Cardeline, (2012) defende que os alunos acreditam que as partículas estão em contato e que não há espaço vazio entre elas e que essa concepção alternativa é utilizada para representar a ideia de reação química. Com efeito os estudantes E8 e E10 apresentam suas respostas condizentes ao nível submicroscópico por usarem termos como elementos e átomos, bem como confirmam o pensar de Cardeline (2012), ao apresentarem as ligações interatômicas entre dois átomos como reação química bem como o contato entre dois ou mais elementos químicos com o mesmo propósito, sem considerar outros conceitos químicos como por exemplo: elemento químico e ligação química. Essa condição, pode ser fruto das dificuldades entre os níveis macro e submicro, defendido por Gauchona e Méheutb, 2007, p.371, ao declararem que as explicações dos alunos muitas vezes mostram confusão entre o nível empírico da mudança química e o nível do modelo da reação química com reforço para essa confusão a maneira com que os livros didáticos são utilizados.

Um número significativo dos pesquisados, 10 (dez), não apresentaram respostas *em relação ao conceito de reação química*, emergindo a categoria *Ausência de Respostas*. Neste caso, a ausência de possíveis argumentações para que os pesquisados expliquem ou explicitem sua concepção do conceito de reação química, não favorece a compreensão de como eles podem conceber o entendimento desse conceito. Sabendo-se que todos já concluíram o EM regular, possivelmente podem ter tido contato com esse conceito.

Porém, ao compararmos com a categoria de mesmo nome, no Quadro 1, seção exemplificação de reações, o número de ausência de respostas diminui em 60% o que pode sinalizar que os pesquisados, apresentam aparentemente, mais facilidade em exemplificar do que conceituar reação química, embora nem todos os exemplos citados possam ser caracterizados como exemplos de reação química.

Essa facilidade de exemplificar pode ser favorecida pela concepção que os estudantes possuem do mundo observável, podendo ser encarada como uma dificuldade na aprendizagem em química, na qual Pozo e Crespo, 2009, p.143, a considera como realismo ingênuo, cuja a matéria é tal como a vemos, permitindo observar o que é modificado nos sistemas reacionais sem analisar o que permanece resultando na mudança sem conservação no sistema. Outro ponto que favorece a

explicação de reação em relação a conceituação por parte dos pesquisados é a utilização dos livros didáticos que trazem normalmente as evidências de reação e definem uma tipologia geral de reação.

Em se tratando da exemplificação, observa-se no Quadro 01, que a maioria das estudantes, no caso, cinco delas (E6, E8, E11, E13 e E18), apresentam evidências de reação como exemplos de reação, sendo elas: a produção de algum composto químico no estado gasoso de agregação da matéria e processos de solubilidade, vale ressaltar que um dos estudantes, o E11, apresenta o fenômeno do fogo como reação química.

O estudante E8, afirma que a efervescência, caracterizada por ele como o produto da reação entre as substâncias bicarbonato de sódio e água, é a própria reação em si, e não um produto no estado gasoso. Neste ponto, também utiliza o termo contato entre as substâncias para representar o que ocorre no sistema reacional. O estudante E6, em uma de suas afirmações apresenta a presença da “espuma” oriunda da reação entre vinagre e bicarbonato de sódio utilizada ludicamente na analogia da erupção de um vulcão. O mesmo estudante, apresenta como exemplos de reação, a solubilidade de alguns compostos frente a outros, finalizando com a sentença: “*semelhante dissolve semelhante*”, neste ponto observamos a mistura de conceitos e modelos para representar o conceito reação química.

Já o estudante E18, exemplifica como reação, a rápida liberação do gás presente no refrigerante ao ser introduzido balas de goma, sem atentar que o gás já está presente na fase líquida do refrigerante, também utiliza a ideia de solubilidade de soluções como sinônimo de reação química. Para E13, a associação do crescimento do bolo após o aquecimento evidencia uma reação química, onde o crescimento está diretamente ligado à produção de gás dentro do bolo. Todas as observações presentes nessa categoria são de origem macroscópica, a maioria cita em suas sentenças escritas, substâncias químicas e observações de fenômenos naturais ou cotidianos vivenciados por eles, porém, ressaltam diretamente o estado final, ou alguma substância produzida no processo reacional como sendo a própria reação química.

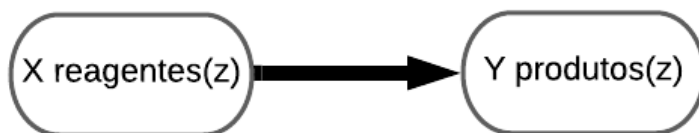
Gauchona e Méheutb, 2007, p.363, ressaltam que em um estado inicial para aprender sobre o conteúdo de reações químicas, os estudantes interpretam os produtos ou o resultado final da reação de diferentes maneiras e a depender da

situação experimental envolvida. Com isso, a evidência de uma reação pode tomar como base o produto sintetizado ao final do processo e não o processo em si.

Uma das fontes apresentadas como dificuldades em química é a erudição oriunda do professor e sua interação com os estudantes (FACH; BOER e PARCHMANN, 2007; GALAGOVSKY; GIACOMO e ALI, 2015; JUSNIAR et al 2018; TOLEDO et al 2021), observa-se que a categoria analogia a partir dos exemplos do professor, há uma forte influência do discurso do professor que utilizou como exemplos, processos de produção de alimentos na cozinha, por ser mais próximo ao cotidiano dos estudantes pesquisados, pois a maioria são profissionais do Lar. Como é observado quando a estudante E1, faz a relação proporcional para a produção do prato típico Baião de Dois e compreende que o produto no estado final é a reação em si. Já a E9, cria uma confusão entre o processo de solubilização do sal de cozinha e do açúcar, acreditando ser uma reação química.

A categoria *Simbologia química*, leva em consideração o nível representacional da química, ou seja, os estudantes deveriam representar, caso soubessem, reações análogas à expressão química genérica da figura 10.

Figura 20: Expressão química genérica



Fonte: Próprio autor

Porém, observamos que a maioria dos estudantes que escolheram apresentar as reações conhecidas por eles por meio desse mecanismo, baseiam-se nas fórmulas químicas das substâncias, sem levar em consideração a representação dos estados físicos de cada substância envolvida e muito menos o processo de transformação delas. Nota-se ainda que as estudantes E15 e E20, utilizam como base algumas das substâncias fictícias presente na questão 03 do referido questionário das ideias prévias, mas não reproduzem o processo de transformação apresentado na expressão. Toledo et al 2021, afirma três motivos para os discentes utilizarem representações químicas inadequadas:

Quanto às concepções alternativas, os principais critérios em que se baseiam as justificativas e explicações do corpo discente que seleciona as representações inadequadas são três: a) produto determinado pela equação química (dificuldade de associação entre a situação inicial do sistema e a equação); b) todos os reagentes são transformados em produtos (não há

compreensão do conceito); e c) a reação pára, mas as quantidades de reagentes não influenciam (TOLEDO et al 2021, p.91).

Observa-se que de acordo com Toledo et al, (2021), os estudantes pesquisados ao utilizarem a simbologia química, demonstram não compreender os conceitos envolvidos na expressão química e apontam as substâncias como reação e não o processo de transformação química. Fach; Boer e Parchmann, 2007, p. 27, apontam que os estudantes não compreendem as informações fornecidas na simbologia de uma equação química. Para Casado e Raviolo, 2005. p. 41 e 42, assinalam que os estudantes apresentam dificuldades em utilizar o nível simbólico ao tentar escrever uma reação a partir das representações fenomenológicas macroscópicas, Cardellini, 2012, p. 03, aponta que para explicar as reações químicas, os estudantes precisam entender os símbolos envolvidos na equação, como deverão ter que desenvolver modelos mentais das partículas submicroscópicas.

Raviolo ; Garritz, e Sosa, 2011, p. 243, em seu trabalho, observou que 85% (oitenta e cinco por cento) dos livros do Ensino Médio, apresentam como condição necessária para o conceito de substâncias a capacidade de possuírem propriedades específicas e distintivas uma das outras, salienta também que por disporem de composição química fixa (constante, definida e conhecida) às diferenças de sistemas como misturas e soluções. Para compreender a ideia de composição fixa das substâncias é necessário assimilar o conceito de proporção química embasado na Lei das proporções constantes de Proust cujo enunciado é:

No caso das reações originando uma substância a partir de seus elementos constituintes, o enunciado da lei de Proust pode ser o seguinte: “A proporção, em massa, dos elementos que participam da composição de uma substância é sempre constante e independente do processo químico pelo qual a substância é obtida” (UNESP, 2020, p. 02).

Assim sendo, entender um pouco sobre a composição proporcional das substâncias e de qual maneira os estudantes a concebem é parte importante para a construção do entendimento para a aprendizagem de estequiometria. Para tal feito, os estudantes foram questionados em relação à proporção quantitativa entre ingredientes de uma receita e porção do alimento por pessoa, cuja finalidade é conhecer a noção dos estudantes sobre o conceito de proporção frente ao algoritmo matemático (Quadro 03).

Quadro 03: Questão 02

Ao saber que seria convocado para assumir um cargo na prefeitura de Fortaleza-CE, um rapaz chamado Mateus ofereceu um jantar para seis amigos. Nesse jantar, tentou preparar um bolo de

chocolate para a sobremesa e buscou uma receita para isso. Ao pesquisar, encontrou uma receita que serviria dez pessoas e listou as quantidades de cada ingredientes abaixo:

ingredientes:

- 4 ovos
- 4 colheres (sopa) de chocolate em pó
- 2 colheres (sopa) de manteiga
- 5 xícaras (chá) de farinha de trigo 2 xícaras (chá) de açúcar
- 2 colheres (sopa) de fermento
- 5 xícaras (chá) de leite

Como a receita contempla servir dez pessoas e Mateus não gostaria de ter sobras, apresente a quantidade de xícaras de farinha de trigo e de leite que devem ser utilizadas na preparação do bolo para seis pessoas e comente como você chegou a esses valores.

CÁLCULOS	
por extenso	• 3 xícaras de farinha de trigo e 2 xícaras de leite (E20) • 3 xícaras de farinha de trigo e 3 xícaras de leite (E2) • 2 xícaras de farinha de trigo e 2 xícaras de leite (E9) • 3 xícaras de farinha de trigo e 3 xícaras de leite (E3) • 3 xícaras de farinha de trigo e 1 xícaras de leite (E7) • 3 xícaras de farinha de trigo e 3 xícaras de leite (E12) • 3 xícaras de farinha de trigo e 3 xícaras de leite (E15) • <i>acredito que pode ser 3 xícara de farinha e 3 de leite (E13)</i>
apresentou cálculo	• $2 \times 4 = 8$ ovos, $2 \times 4 = 8$ colheres, $2 \times 2 = 4$ colheres, $2 \times 5 = 10$ colheres, $2 \times 2 = 4$ colheres, $2 \times 5 = 10$ xícaras (E18) • $10 - 6 = 4$ e (E6) • $\text{farinha } 5/10 = 0,5 \times 6 = 3x$; $\text{leite } 5/10 = 0,5 \times 6 = 3x$ (E8) • $3 \text{ trigo} + 2 \text{ açúcar} + 2 \text{ fermento} + 3 \text{ leite} = 10$ (E10)
Ausência de resposta	(E4)
COMENTÁRIOS	
outros	• <i>Bolo tem qual comer pesoa ovos 4 depois farinha de trigo (E1)</i> • <i>eu acho que se ele tira 1 xicara de leite e uma xícara de farinha de trigo iria fica bom para 6 pedaço. (E11)</i> • <i>pessoas 6 - bola 40m pessoas quantas 10 pão 10 20 grande 3 horas. (E14)</i>
contextualização da produção do alimento	• <i>Como eu não sei fazer bolo eu deduzi que essas medidas daria para fazer a quantidade certa que Mateus quer (E9)</i> • <i>O líquido do ovo misturado aos demais ingredientes, mais o fermento vai fazer o bolo ficar no tamanho ideal para 6 pessoas (E7)</i> • <i>Acho que teria que modificar toda a receita, diminuiria de 5 xícaras de farinha para 4, e o leite também. (E6)</i>
operações matemáticas	• <i>Eu multiplicaria por 2. (E18)</i> • <i>Conclusão- diminuindo a quantidade. (E3)</i> • <i>Retira-se 2 chicaras das de 5 de trigo e fermento. depois diminuindo o fermento e a farinha a possibilidade de ficar sobras são reduzidas (probabilidade) (E10)</i>
proporcionalidade	• <i>a receita deve ser reduzida, para que seja proporcional a quantidade de fatias desejadas(E12)</i> • <i>todos os ingredientes deveria ser proporcional a 6/10(E8)</i> • <i>1 xícara da para 2 pessoas (E15)</i>
ausência de resposta	(E20), (E2), (E13)

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

No Quadro 03, estão organizadas as respostas dos estudantes em relação a utilização do algoritmo matemático Proporção que segundo Macedo et al, 2007, p.01,

tem sua origem do Latim *proportione*, e significa uma relação entre as partes de uma grandeza que consiste em relacionar duas razões dentro de uma igualdade, criando assim um elo entre elas, além de ser base para compreensão de diversos conceitos matemáticos, também é utilizado para trabalhar grandezas químicas e físicas.

Os estudantes deveriam manipular o algoritmo para quantificar uma dada quantidade de material que deveria ser produzido ao final do processo. Neste quadro dividimos as respostas dos estudantes em duas classes, uma relacionada a utilização do algoritmo matemático e outra voltada às explicações dos estudantes de como conseguiram chegar aos resultados apresentados por eles, denominada de comentários.

Pozo e Crespo, 2009, p.173 e p.174, os estudantes frequentemente utilizam quatro estratégias gerais para resolverem os cálculos proporcionais são elas: qualitativas (não se estabelece cálculo algum); aditivas (compara os membros de duas frações por meio de soma e subtração, geralmente leva a erros matemáticos); de correspondência (estabelece a relação de proporção em uma razão e posteriormente se aplica a outra razão); e proporcional (condicionadas se relação é direta ou inversamente proporcionais entre as razões). Vale ressaltar que a estratégia tomada pelos estudantes depende de vários fatores que afetam tanto a tarefa a ser executada quanto ao sujeito que a executa (POZO E CRESPO, 2009, p.174).

Para a classe intitulada cálculos, observa-se que os estudantes (E2, E3, E7, E9, E12, E13, E15, E20) optaram por responder por extenso sem apresentar os cálculos envolvidos. Nesse mesmo sentido, a maioria deles, cinco, responderam de maneira coerente ao enunciado. Os demais E20, e E7, apresentam a ideia proporcional correta para um dos cálculos e conceberam erroneamente à segunda proporção, vale ressaltar que o resultado esperado da proporção e as quantidades iniciais eram idênticas nos dois casos, diferenciando entre si apenas os componentes para a produção do bolo como o produto final. Indicando dificuldades no pensamento proporcional presente no problema. Nesse caso fica claro que tais estudantes utilizam a estratégia de resolução qualitativa que segundo Pozo e Crespo, p.173 é a mais simples por ignorar uma parte dos dados envolvidos no questionamento e não necessitar de cálculos.

Com efeito. Toledo et al, 2021 defendem que as explicações descritivas dos estudantes são favorecidas de acordo com o significado cotidiano das situações fenomenológicas observáveis pelos estudantes:

Fica evidente que as explicações descritivas são favorecidas principalmente quando se estudam fenômenos de natureza significativa-cotidiana, o que pode ser devido ao fato de o corpo discente conseguir imaginar e pensar sobre o fenômeno com base em suas propriedades observáveis. Isso mostra que suas explicações estão mais próximas do mundo real do que do corpuscular, já que a maioria das explicações foi escrita em linguagem cotidiana, simples e às vezes pouco coerente. (Toledo et al 2021 p.91)

O estudante E9 não conseguiu calcular o resultado esperado e em seus comentários afirma que o problema em calcular era não ter aptidão para preparar a guloseima. Vale salientar que a contextualização, apontada em alguns comentários dos estudantes, aparenta ter contribuído para que o foco principal da resolução do problema quantitativo não fosse levado em consideração passando a ser uma dificuldade para alguns estudantes. Ocorre também com a estudante E6, quando se orienta pelas quantidades envolvidas em uma receita real pois ele tem como uma de suas fontes de renda a fabricação de bolos e doces, e por esse motivo, comenta que toda a receita deve ser modificada como consequência apresenta um cálculo de subtração sem menor sentido em relação à proporção. Também, observa-se que a estudante E7 comenta sobre a ação de um dos ingredientes para fazer com que se chegue ao resultado final.

O algoritmo matemático utilizando uma das estratégias: aditivas, por correspondência e proporcional (Pozo e Crespo, p.173), para resolver o problema da proporção entre os ingredientes e quantidade de porção, foi empregado por quatro estudantes (E6, E8, E10, E12). Mas apenas a E8 ao executar a estratégia proporcional, apresentou conhecimento em relação à manipulação do algoritmo, demonstrando domínio desse recurso. Em contrapartida ao comentar seus cálculos, afirma que a proporção tem de ser uma razão de 6/10, apresentando certo equívoco em relação aos seus resultados. Assim, observa-se que não foi suficiente para o estudante apenas manipular bem o algoritmo, já que não compreende qual é a relação proporcional sobre o que se pedia no questionamento. Virtayanti e Rohmah, 2020, p. 195, condiciona o domínio dos cálculos matemáticos a ausência de dificuldades em resolver problemas químicos.

A E15, apresenta sua resposta concisa e comenta que a razão entre as grandezas, xícara e pessoa, é de 1:2, demonstrando ter conhecimento sobre o algoritmo de proporção, embora não apresente cálculos. Raviolo e Lerzo, 2016, p.196, apontam que mesmo os estudantes resolvendo problemas utilizando algoritmos ou equações, nem sempre visualizam ou entendem o conceito de produto

químico, o que pode ser observado nos comentários do estudante E8 e também na ausência de comentários do E15.

Os demais estudantes apresentaram dificuldades em utilizar os cálculos, bem como compreender o enunciado proposto na questão, como exemplo citam-se: E18, que multiplica todos os componentes da receita por 2; E10, soma alguns valores presentes na receita até checar o resultado de 10 sem explicar ou tentar comentar qual o intuito desse cálculo e por qual motivo propôs esse cálculo. Assim sendo, pode-se dizer que ambos apresentam dificuldades tanto para manipular quanto para explicitar seu pensamento matemático.

Ao nos depararmos com ausência de respostas, observa-se que esta categoria no Quadro 03 e ao compará-las com a mesma categoria do Quadro 02, nota-se menor participação na ausência de respostas tanto para a classe cálculos, constituída pela resposta de um estudante (E4) quanto para a classe comentários dos cálculos, compostas pelas estudantes E20, E2 e E13. Isso indica que mesmo a maioria dos estudantes tendo problemas no algoritmo matemático tentaram demonstrar suas ideias quantitativas sobre o problema contextualizado que foi apresentado. Virtayanti e Rohmah, 2020, salientam que a experiência matemática dos estudantes contribui para suas dificuldades, para eles é improvável que um estudante que não consegue manipular números, possa ser bem sucedido em aprender sobre grandezas químicas.

BENCINI, (2003) descreve que a resolução algorítmica de estequiometria favorece somente a desmotivação dos alunos e manipulação de símbolos e equações matemáticas. De acordo com o Quadro 02, apenas dois dos estudantes conseguiram aplicar e comentar sobre seus cálculos utilizando o algoritmo de proporção. Observa-se também, que os estudantes E8, E13 e E10 apresentaram algoritmos matemáticos inconsistentes para a situação problema da questão 02.

Ainda do Quadro 03, depreende-se que a maioria dos estudantes pesquisados apresentaram dificuldades em utilizar a proporção matemática e mesmo com a proposta da resolução de problema contextualizado com a realidade dos pesquisados em analogia a proporção química, não foi suficiente para melhorar o entendimento da proporção, Pozo e Crespo, 2009, p.174, defendem que os problemas dos estudantes ao efetuarem os cálculos proporcionais não é um problema de competência, dos estudantes não possuem habilidades de utilizá-los, mas um problema de atuação que dependem dos fatores que afetam tanto a tarefa quanto o sujeito (POZO e CRESPO, 2009, p.174).

(i) à ênfase colocada no nível resolução de problemas simbólicos e algorítmicos à custa de níveis macro e de partículas, (ii) conexões entre os 3 níveis, se forem apresentadas em ensino, com o cotidiano do aluno e (iii) a falta de relação entre os fenômenos cotidiano do aluno. (RAVIOLO e LERZO, 2016, p.198)

O uso do vocabulário ao qual o aluno está acostumado e o ensino adicional de matemática, embora útil, não são suficientes. O conhecimento científico conceitual, além do conhecimento matemático procedimental e as habilidades linguísticas para entender exatamente o que é necessário para resolver um determinado problema, são fatores cruciais para o sucesso (MARAIS e COMBRINCK, 2009, p.89)

Quadro 04: Questão 03

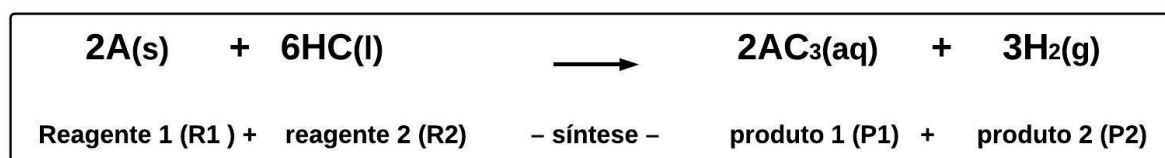
70

$2A_{(s)} + 6HC_{(aq)} \Rightarrow 2AC_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$ <i>6 hidrogênio e carbono agrupados</i> <i>3 hidrogênio agrupado ao carbono</i> (E10)	$2A_{(s)} + 6HC_{(aq)} \Rightarrow 2AC_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$ <i>A ALUMÍNIO</i> <i>H HIDROGÊNIO</i> <i>C CARBONO</i> (E15)
$2A_{(s)} + 6HC_{(aq)} \Rightarrow 2AC_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$ QUANTIDADE DE ÁTOMOS (2A) REAGENTE (6H) REAGENTE (3C) REAGENTE (2A) PRODUTO (6H) PRODUTO (3C) PRODUTO A = 2 H = 6 C = 6 (E18)	$2A_{(s)} + 6HC_{(aq)} \Rightarrow 2AC_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$ SÃO 2 ÁTOMOS MAIS 3H+3C QUE DÁ 6HC. SÃO 2 ÁTOMOS E C TRÊS MAIS 3H SOBRE 2. (E11)
$2A + 6 = 2$ $2AC_3 + 3H_2 = 6$ (E14)	$2A_{(s)} + 6HC_{(aq)} \Rightarrow 2AC_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$ $4A_{(s)} + 12HC_{(aq)} \Rightarrow 8AC_{3(aq)} + 6H_{2(g)}$ (E20)

Fonte: Próprio autor

O Quadro 04, apresenta as ideias prévias dos estudantes pesquisados em relação à simbologia química presente na expressão química de uma dada reação química hipotética, nesta condição era necessário que os estudantes tivessem noção de como é a representação de um elemento químico, bem como a noção da composição de uma substância química. Para melhor entendimento da expressão analisada foi utilizado a nomenclatura com os estados físicos da FIGURA 21:

Figura 21: Expressão química genérica



Fonte: Próprio Autor

As respostas dos estudantes foram agrupadas, de acordo com suas concepções, em quatro núcleos principais: Identificação de reagentes e produtos (N1); Quantidade de átomos A, H, e C, presente em cada lado da reação (N2); Estados de agregação da matéria (N3) e dificuldades na compreensão da simbologia química (N4).

Os autores Kimberlin E Yeziarski, 2016, destacam que o nível representacional é fonte de dificuldades em química para o entendimento da ciência Química pelos estudantes, pois a simbologia é carregada de símbolos com sua significância própria. Para Fach; Boer e Parchmann, 2007 p. 27, os estudantes reconhecem a necessidade das expressões químicas, mas muitos desconhecem as informações presentes nelas

e quais suas funcionalidades, dentre elas é destacada a relação proporcional entre as substâncias envolvidas na expressão.

Yarroch, 1985 apud Bencini, 2003, apontam que há dificuldades para entender as fórmulas químicas em termos de partículas e o significado dos subscritos ou coeficientes estequiométricos, mesmo quando se ajusta corretamente às equações químicas. Gauchona e Méheutb, 2007, afirmam que os diferentes níveis de representação incluídos em uma equação balanceada são muito difíceis de distinguir para os alunos e que produzem dificuldades em interpretar corretamente uma equação balanceada.

Observa-se no Quadro 04, que grande parte dos estudantes optaram por não responder à questão 03, fazendo com que a categoria Ausência de Resposta, oriundas dos três núcleos, apresentassem respectivamente 9 (nove), 10(dez) e treze (13), estudantes sem opinar algo sobre a expressão química analisada, fato que pode ser atrelado às dificuldades inerentes ao nível representacional químico. Em relação ao N4, oito estudantes (E2, E6, E10, E11, E15, E18, E20) apresentam confusões na simbologia concernentes a trabalhos anteriores (YARROCH, 1985 apud BENCINI, 2003; FACH; BOER e PARCHMANN, 2007; GAUCHONA e MÉHEUTB, 2007; RAVIOLO, 2019).

No quadro 4, apenas a estudante E12, apresentou o que são reagentes e produtos na expressão e contabiliza a quantidade de átomos presente em cada um dos setores da expressão demonstrando o balanceamento estequiométrico em relação ao número de átomos e mols presentes na expressão. Em contrapartida, não fez nenhuma menção sobre quais são os estados físicos das substâncias envolvidas. Já a estudante E2, cuja resposta foi classificada em N4, demonstra clara dificuldade em reconhecer tanto os reagentes quanto produtos, bem como a noção da definição de reação, essa dificuldade pode ser atrelada aos termos utilizados serem análogos, mas com significados diferentes. Cardellini, 2012, p. 03, afirma que entender e equilibrar uma equação química é semelhante à aquisição de uma nova língua estrangeira, podendo ser até mais difícil devido sua simbologia está relacionada com os princípios conceituais químicos.

A estudante E18, apresenta como principais dificuldades a confusão entre quantidade de átomos nas substâncias e os coeficientes estequiométricos das substâncias, assumindo que a quantidade de átomos em cada uma delas é o coeficiente estequiométrico, bem como afirmar que os estados físicos das substâncias

são os reagentes e apresenta todas as substâncias como sendo os produtos da reação.

As respostas dos demais estudantes agrupadas em N4, apresentam dificuldades tanto para reconhecer reagentes, produtos e estados de agregação das substâncias, bem como confusão na utilização das letras presentes na expressão genérica apresentada com a simbologia representacional dos átomos, atribuindo às letras envolvidas, sinônimos dos átomos de Alumínio (A), Hidrogênio (H) e Carbono (C), é o caso dos estudantes E10 e E15. Nesse caso, a representação genérica, mesmo após a explicação que eram representações fictícias de uma reação, pode ter favorecido a confusão dos estudantes, haja vista que as Letras C e H representam os átomos de carbono e hidrogênio.

Com efeito, é notório que as ideias prévias dos estudantes pesquisados apresentam várias dificuldades no âmbito dos conceitos analisados subjacentes a estequiometria, perpassando desde a noção de reação química, proporção química e findando com dificuldades de entendimento da expressão química a ser analisada.

6.2.3 Uso de modelos bola-bastão

Com o intuito de propor a visão submicroscópica, e utilizando o modelo atômico de Dalton que leva em consideração átomos representados por esferas e diferenciando-os por cores e tamanhos, os estudantes utilizaram massa de modelar e propuseram o modelo representacional do tipo bola-bastão em dois casos distintos em relação às razões estequiométricas em mols dos reagentes (Caso A: $3\text{Al}:7\text{HCl}$ e B: $2\text{Al}:6\text{HCl}$), assim como foi entregue a eles o instrumento de coleta de dados (Apêndice 02).

Kimberlin e Yeziarski, 2016, p.1003, defendem que a utilização de modelos baseado em partículas pode favorecer o entendimento e aumentar a compreensão do aluno dos seguintes conceitos/tarefas de estequiometria: reagentes limitantes, significado de índice/coeficiente, aplicação de uma equação química balanceada para a resolução de um problema de razão molar e raciocínio proporcional.

Nos Quadros 05, 06, 07, 08, 09 foram adotados, para fins das respostas estudantis, as seguintes nomenclaturas para os constituintes envolvidos na reação: átomo(a), moléculas(m), íons(i), não responderam (N.r), não participou, ou zero (-). Salientamos que as representações dos constituintes não levavam em consideração a geometria molecular das substâncias envolvidas, bem como adotamos para efeito

de simplificação que cada mol de composto metálico de Alumínio seria representado por uma única esfera, representando um átomo.

Quadro 05: Representação dos constituintes utilizando esferas

Representação dos constituintes utilizando esferas								
E	Caso A - 3Al : 7HCl				Caso B - 2Al : 6HCl			
	R01	R02	P01	P02	R 01	R 02	P01	P02
E1	1a	1m	2m	3m	2a	7m	2m	3m
E4	1a	1a	2m	3m	2a	7m	2m	3m
E7	12a	7a	3m	1m	2a	6a	2m	3m
E8	3a	7m	2m	3m	2a	6m	2m	3m
E9	3a	7m	2m	3m	2a	6m	2m	3m
E11	3a	7m	2m	3m	2a	6m	2m	3m
E15	3a	7m	2m	3m	2a	6m	2m	3m
E17	12a	6a	3a	1m	2a	6m	2m	3m
E18	12a	1m e 1a	2m	1m e 2a	-	6a	-	-
E20	12a	1m e 3a	2m	1m e 2a	2a	6a	2m	3m

* símbolos no quadro: a = átomo, m=molécula, - = zero.

Fonte: Próprio autor

HAPPS,1980 apud Miranda, 2001, p.72, relata que os estudantes confundem os diversos significados do termo "partícula", e não compreende as palavras "átomo" e "molécula" no sentido científico, atribuindo-lhes significados diferentes dos cientificamente corretos. Ahtee e Varjola (1998) apud Miranda, 2001 p.75, em seus estudos apontam que cerca de 10% dos alunos do ano 8º de escolaridade confundiam os termos "átomo" e "substância, bem como revelaram a existência de um conflito cognitivo entre as observações do mundo macroscópico e as explicações teóricas do mundo microscópico (MIRANDA, 2001, p.75). Casado e Raviolo, 2005, p.38, discorre que muitos estudantes usam linguagem ambígua e confundem conceitos como átomo e molécula, substância e elemento.

A Representação dos constituintes (Quadro 05), utilizando esferas foi realizada através de desenhos (Figura 22) e dividida em duas partes, uma para o início da reação e a outra após a manipulação das esferas representando o estado final da reação. Para o início da reação os estudantes E8, E11, E15 e E17, apresentaram em suas representações o esperado nos dois casos, tanto o quantitativo esperado quanto a distinção entre átomo e substância, bem como a disposição dos átomos presentes em cada um dos constituintes.

Em contrapartida, os estudantes E18 e E20 representaram de maneira confusa a distinção entre átomos e moléculas, bem como a relação quantitativa entre eles. Vale frisar que, como a representação bola-bastão utilizada não favoreceu o entendimento de compostos iônicos, tomamos como base que o Cloreto de alumínio foi considerado um composto molecular. Os estudantes E1, E4 e E7 apresentam

evolução quantitativa do Caso A para o caso B, permanecendo a dificuldade na distinção entre átomos e moléculas.

Ainda do Quadro 05, os estudantes E1, E4, E11, E8, E15, E17, responderam nos dois casos, o quantitativo átomo/constituente necessário para os produtos formados, condizente com o esperado nas simulações.

Figura 22: Representação modelo bola-bastão

Caso A			
Reagentes		Produtos	
Alumínio	Ácido Clorídrico	Cloreto de Alumínio	Hidrogênio
			

Caso B			
Reagentes		Produtos	
Alumínio	Ácido Clorídrico	Cloreto de Alumínio	Hidrogênio
			

Fonte: E15

Segundo Raviolo; Garritz, e Sosa (2011), em seus estudos, alguns estudantes consideram todas as substâncias como moleculares: "Em toda reação química os átomos que compõem as moléculas se reagrupam, ou seja, unem-se de maneira diferente, formando novas moléculas". Ainda segundo esses autores, isso é condizente com a dificuldade de distinguir entre os constituintes presentes na reação analisada por parte dos estudantes.

Os estudantes E7, E9, demonstraram incoerência na quantidade de átomos esperados para a formação dos produtos para o caso A, mas no caso B apresentam coerência com os resultados esperados, fortalecendo a ideia de que a repetição da simulação pode ter favorecido o entendimento das proporções. Chama a atenção que os estudantes E18 e E20 não conseguiram representar as quantidades relacionais envolvidas nos produtos e muito menos a distinção entre representar os constituintes envolvidos. Indicando não compreender o que foi pedido da atividade proposta.

Quadro 06: Quantidade de átomos envolvidos na reação

Quantidade de átomos envolvidos na reação								
E	Caso A - 3Al : 7HCl				Caso B - 2Al : 6HCl			
	R01	R02	P01	P02	R 01	R 02	P01	P02
E1	3	7H-7Cl	2	6	2	6H-6Cl	2	3
E4	1	-	-	-	2	2Al -6Cl	2.2	3
E7	3	1	1	3	2	6	2	6

E8	3	7H-7Cl	2Al- 6Cl	6H	2	6H-6Cl	2Al- 6Cl	6H
E9	3	1	1	3	2	6	2	3
E11	3 Al	7H-7Cl	2	6	2 Al	6H-6Cl	0	0
E15	3 Al	7H-7Cl	2	6	2 Al	6H-6Cl	0	0
E17	3	7H-7Cl	2Al- 6Cl	6H	2	6H-6Cl	2Al- 6Cl	6H
E18	3	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r
E20	3	7	1m	6	2	6	2	6

*símbolos no quadro: a = átomo, m=molécula, - = zero, N.r = não respondeu.

Fonte: Próprio autor

Ao observarmos as respostas dos estudantes concernentes à quantidade de átomos envolvidos na reação (Quadro 06), nesse caso os estudantes deveriam contabilizar os átomos envolvidos no modelo bola-bastão para cada um dos constituintes da reação proposta. Observa-se que apenas E8 e E17, apresentam a quantidade esperada dos átomos em cada uma das situações.

Marais e Combrinck, (2009) apontam como uma das dificuldades para a aprendizagem em estequiometria, a confusão quantitativa entre os subscritos e o coeficiente estequiométrico na equação química. Raviolo e Lerzo, 2016, defendem que se faz necessário ao aprendizado de química para resolver problemas estequiométricos o entendimento conceitual e a distinção entre coeficiente estequiométrico e subscrito que cada um dos constituintes em uma expressão química apresenta.

Os estudantes E1, E11, E15 e E20 apresentam a contagem atômica para os reagentes envolvidos, porém para os produtos contabilizam os coeficientes estequiométricos como sendo a quantidade atômica, demonstrando incoerência e confusão entre número de átomos e coeficiente estequiométrico.

E4 e E18, optaram por responder somente à quantidade de átomos do R1 para o caso A, sendo que um respondeu de maneira errônea e o outro de maneira correta, mas ambos, deixaram de responder às demais respostas tanto no caso A quanto no B. Já E7 e E9 demonstram não compreender para o caso A o que se pede na atividade, e no caso B contabilizam os coeficientes estequiométricos acreditando serem os átomos presentes em cada uma das substâncias envolvidas.

Quadro 07: Quantidade de constituintes que reagiram

Quantidade de constituintes que reagiram								
E	Caso A - 3Al : 7HCl				Caso B - 2Al : 6HCl			
	R01	R02	P01	P02	R01	R02	P01	P02
E1	2	6	2Al e Cl	3	2	6	2 Al-6Cl	3
E4	2	6	2	3	2	6	2 Al-6Cl	3
E7	N. r	N. r	2m	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r
E8	2	6	2	3	2	6	2	3
E9	N. r	N. r	2m	N. r	2	6	2	3

E11	2 Al	6	2	3	2Al	6H-6Cl	0	0
E15	2 Al	6	2	3	0	0	2	3
E17	2	6	2	3	2	6	2	3
E18	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r
E20	2	6	2m	3	0	0	2	3

*símbolos no quadro: N.r = não respondeu.

Fonte: Próprio autor

Raviolo, (2019) em seu estudo aponta que as simulações estequiométricas permitem individualizar, e enfatizar as diferenças numéricas entre o número inicial de mols, os coeficientes estequiométricos e as quantidades finais, proporcionando um momento de discussão entre professor e alunos.

No Quadro 07, estão dispostas as respostas dos estudantes referente a quantidade em mols de reagentes consumidos e produtos sintetizados nas simulações A e B. Comparando as respostas dos estudantes nas duas simulações, o caso A, apresenta mais respostas coerentes com o esperado (E1, E4, E8, E11, E15, E17, E20) e no B, os estudantes E15 e E20, que outrora responderam corretamente a correlação quantitativa, zeraram-na em relação aos reagentes, assumindo que não ocorreu o consumo deles, em contrapartida, os mesmos estudantes apresentam corretamente a quantidade de produtos formados, fato que pode ter sido gerado por tomarem como importante o que foi gerado e ignorando o estado inicial da reação.

Salienta-se que E9, para o caso A, não apresenta a proporção correta tanto dos reagentes quanto dos produtos envolvidos, por outro lado, no caso B, consegue descrever a relação proporcional, isso pode ter favorecido a equação balanceada (caso B) da reação em análise. Gauchona e Méheutb, 2007, defende que uma equação química balanceada é uma situação ideal, e por esse fator, pode ter sido mais fácil para estes estudantes resolverem a quantização estequiométrica que se pedia no caso B.

Os estudantes E7 e E18, optaram por não responderem nos dois casos, mesmo tendo participado e manipulado o modelo bola-bastão, com a ausência de resposta não fica claro quais dificuldades eles enfrentaram nessa atividade.

Quadro 08: Quantidades de constituintes que não reagiram

Quantidades de constituintes que não reagiram				
E	Caso A - 3Al : 7HCl		Caso B - 2Al : 6HCl	
	R01	R02	R01	R02
E1	1	1	-	-
E4	N. r	N. r	-	-
E7	N. r	N. r	N. r	N. r
E8	1	1	-	-
E9	N. r	N. r	N. r	N. r
E11	1	1	0	0

E15	1	1	0	0
E17	1	1	-	-
E18	1	1	-	-
E20	N. r	N. r	-	-

*símbolos no quadro: - = zero, N.r = não respondeu.

Fonte: Próprio autor

Com vistas a compreender que nem em todas as situações estequiométricas quantitativas há a transformação de toda quantidade de reagente em produtos, o Quadro 08, traz as respostas em relação a quantidade de reagentes que não reagiram, esperava-se como respostas, zero reagentes para o caso B e para o caso A, quantidades não reagentes de um mol (1) de Al e Um mol (1) HCl, permanecendo no estado final do sistema reacional com suas características substâncias próprias, e zero reagentes para o caso B.

Os estudantes, E7, e E9 e E18, optaram em ambos os casos por não responder (N.r), em contrapartida, E1, E8, E11, E15, E17 e E20, responderam de forma coerente, zerando o caso B e no caso A apresentando a relação correta de reagentes que não reagiram. Observa-se também que E4, não responde no caso A mas responde em B.

Com isso, depreende-se que a maioria dos estudantes conseguem observar que mesmo havendo a síntese dos produtos no caso A, existe também uma parcela de reagentes que não reagiram e estão presentes no estado final do sistema reacional devido a proporção estequiométrica entre os reagentes. De uma maneira geral, a manipulação desse modelo propiciou aos estudantes a observação quantitativa estequiométrica no sistema.

Quadro 09: Coeficientes, quantidade mínima de constituintes que reagiram

Coeficientes: quantidade mínima de constituintes								
E	Caso A - 3Al : 7HCl				Caso B - 2Al : 6HCl			
	R01	R02	P01	P02	R 01	R 02	P01	P02
E1	2 Al	6 HCl	2	3H ₂ g	-	-	2	3
E4	2 Al	6 HCl	2	3H ₂ g	-	-	2	3
E7	N. r	N. r	N.r	N. r	N.r	N. r	N. r	N. r
E8	2	6	2	3	2	6	2	3
E9	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r	N. r
E11	-	-	-	-	-	-	-	-
E15	-	-	-	-	-	-	-	-
E17	2 Al	6 HCl	2	3H ₂ g	2	6	2	3
E18	N.r	N. r	N.r	N.r	N.r	N.r	N.r	N.r
E20	1	1	2	3	0	0	2	3

*símbolos no quadro: - = zero, N.r = não respondeu.

Fonte: Próprio autor

No Quadro 09, através da diferença entre a quantidade de reagentes que reagiram (Quadro 07) e os que não reagiram (Quadro 08) e os produtos formados,

almejava-se a definição da equação balanceada através dos coeficientes estequiométricos da expressão e reação analisada nos dois casos.

Nota-se que os estudantes E8 e E17 apresentam a equação balanceada da reação de oxirredução na reatividade do metal alumínio em meio ácido, nos dois casos. Em contrapartida, os estudantes E1 e E4, embora, consigam formular corretamente a expressão no caso A, apresentam dificuldades para o B, parecem levar em consideração o estado final da reação onde os reagentes foram consumidos restando somente produtos sintetizados, desconsiderando a relação proporcional entre os coeficientes estequiométricos dos reagentes, resultando nos erros.

A maior parte dos estudantes (E7, E9, E11, E5 e E18), optaram por não responder, além disso, salienta-se que o E20, demonstra confusão relacionada aos coeficientes estequiométricos nos dois casos apresentados.

É notório que mesmo na representação quantitativa do nível submicroscópico, não foi suficiente para que os estudantes pudessem vislumbrar as proporções definidas em uma expressão química e muito menos os níveis químicos envolvidos, promovendo erros quantitativos e qualitativos bem como a ausência de resposta deles. Kimberlin e Yeziarski, 2015, apontam como um dos equívocos vivenciados pelos estudantes a má compreensão de fórmulas e equações químicas, para Furió, et al, 2002 apud Fach et al, 2007, os estudantes ou confundem ou não conhecem as definições e relações entre os constituintes estequiométricos em geral. Para Gauchona e Méheutb, 2007, em relação a equação balanceada, sustenta que ela pode favorecer apenas o nível submicroscópico, e ainda aponta que os diferentes níveis de representação incluídos em uma equação balanceada são muito difíceis de distinguir para os alunos.

Após a análise dos Quadros 05, 06, 07, 08, e 09 observa-se que os estudantes apresentam confusão dos termos: átomo, molécula, constituintes, substância, coeficiente estequiométrico, bem como apresentam dificuldades para proporem a expressão química balanceada. Com efeito, dois questionamentos (Quadro 10) foram elaborados na intenção de saber quais conclusões e possíveis explicações os estudantes tiveram após a atividade proposta e com isso obter entendimento das dificuldades deles.

Quadro 10: Concepções dos estudantes acerca de reagente em excesso

Questão 01 - Em algum dos casos, sobrou algum átomo/molécula/ion dos reagentes dentro do sistema? Caso sim, determine quais e qual motivo eles não reagiram?	
Expectativa de resposta:	Caso A 3:7, não reagem, um de Al e um de HCl

Caso B: 2:6, resultam em zero reagentes
- no caso A formou 3 AlCl_3 (aq) (E7) - no caso A formou 3 AlCl_3 (aq) (E9) - no caso A formou 3 átomos (E18)
- sim, no caso sobrou um Al e Um HCl porque não é moléculas suficiente pq formar mais AlCl_3 e H_2. (E8) - sim, no caso I sobraram 1 Al e 1 HCl (E19)
- no caso A eu fiz 3Al com 7HCl depois eu fiz a de 2Al Com 3 de Cl. Tiveram 1 Al e 1Cl que mão reagiu, já no caso B eu fiz 2 Al com 6HCl (aq) depois 2 Al com 3 Cl, não teve reagentes. (E11) - no caso A foi 3 Al + 7Hcl + 2 ClAl + 6H, na reação teve reação de 2 Al, 6H6Cl – 2 ClAl + 6H com o final 1,1. (E15) - sim, no caso I sobraram 1 Al e 1 HCl (E19)
eu usei 12 unidade, forcem 3 átomo (E20)
ausência de respostas - E1, E4
Questão 02 - Em qual caso ocorreu a maior formação dos produtos? E de acordo com seus conhecimentos comente sobre.
ausência de respostas - E1, E4
- formaram números iguais (E8) - nenhum, os dois foram iguais (E18) - Igual, casos diferentes + final com o mesmo resultado. (E19) - todos igual(E20)
- tiveram a mesma reação (resultado final) (E5) - todos tiveram a mesma reação de produtos(E11)
no caso B formou 2 AlCl_2(E7)

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

No Quadro 10, estão compiladas as explicações dos estudantes para o estado final das simulações A e B, comparando-as entre si, cujo questionamentos apresentam enfoques distintos entre si: uns nas interações entre os reagentes e sua possível diminuição em quantidade de matéria através do rearranjo atômico (questão 01) e o outro (questão 02) na síntese dessas interações (produtos) resultando em novas substâncias com características químicas distintas das substâncias no início da reação.

Na questão 01, apenas E8 argumenta, que há ocorrência de reagente em excesso caso A, e essa situação é devido a insuficiência quantitativa de moléculas para sintetizar os produtos. Embora os estudantes E11, E15 e E19, apresentem respostas descritivas adequadas, não tecem explicações ao fato de ocorrer a presença de reagentes no estado final. Arasasingham et al, (2004) apud Gauchona e Méheutb, 2007, p.364, apontam que os estudantes têm grande dificuldade em determinar o estado final de um sistema a partir da composição inicial usando a equação química, qualquer que seja o método proposto: algorítmico ou simbólico representações.

Os demais estudantes apresentam respostas inadequadas ao levarem em consideração a síntese somente de um único produto, o AlCl_3 , como no caso dos E7

e E9, bem como a formação de átomos, E18 e E20, pois o foco do questionamento seriam os reagentes que restaram no estado final. Com isso observa-se que alguns dos estudantes preocupam-se ou apresentam tendências a se importar mais, mesmo a nível submicroscópico, às substâncias formadas e sem compreender o estado final bem como demonstra problemas na conservação dos átomos presentes no sistema reacional (RAVIOLO, 2019, Mitchell e Gustone, (1984) apud Raviolo e Lerzo, 2016)

Dois estudantes, E1 e E4, não responderam aos questionamentos presentes no Quadro 09, desfavorecendo a compreensão por parte do pesquisador no entendimento do que eles podem ter aprendido, embora ambos tenham participado da atividade com o modelo bola-bastão. Ressalta-se que o E4 por ser um dos estudantes com deficiência auditiva, foi um dos estudantes que apresentou mais dificuldades para responder todos os questionamentos desse instrumento de coleta (apêndice 02).

Na questão 02, as explicações novamente foram descritivas e sucintas baseando se nas quantificações dos produtos, apenas comparando os dois casos e propondo a conclusão de que formariam a mesma quantidade de substâncias (E8, E18, E19, E20). Os estudantes E5, E11, discorrem a redundante frase de que ocorreu a mesma reação, provavelmente confundindo a reação com a quantidade de produtos sintetizados.

O E7 não comparou os produtos formados nos casos e em suas explicações utilizou a fórmula química $AlCl_2$, para representar um dos produtos, o que indica clara dificuldade em utilizar a simbologia química, porém o mesmo estudante ao responder à questão 01 foca sua resposta em um dos produtos, mas o descreve de maneira correta.

Muitas vezes, embora algum nível seja mencionado, os alunos não propõem uma explicação considerando a formação de uma nova substância e/ou explicações de como a transformação química se procede, como o rompimento de ligações, aspectos termodinâmicos, entre outros (LOCATELLI, 2020, p.1600).

O nível macroscópico é por vezes fator importante para a compreensão das reações, em contrapartida também pode ser fonte de obstáculos para o entendimento dos demais níveis químicos, haja vista que os estudantes priorizam as explicações desse nível, Com isso, os instrumentos de coletas denominados Fichas de Observações 01 e 02, foram utilizadas pelos estudantes para os auxiliarem na observação do PRHA em funcionamento e propor a cada um a oportunidade de

explicar de maneira sucinta, e baseando-se nas suas percepções sobre as evidências da reação analisada.

6.2.4 Aplicação 01 em sala de aula

Com base na aplicação do PRHA e da interação entre todos os participantes da pesquisa, salientando a presença do professor da turma e pesquisador foi aberta discussões relacionadas aos conceitos outrora abordados nos encontros anteriores e os estudantes foram preenchendo a ficha de observacional 01, cuja respostas estão dispostas nos Quadros 11, 12, 13 e 14.

Em todos os questionamentos da ficha 01, obteve-se respostas dos estudantes centradas no nível macroscópico, prevalecendo as observações visuais, sem a presença de correlações ou associações com o nível submicroscópico. Depreende-se das respostas que os estudantes apontam as mesmas características advindas de trabalhos anteriores em relação às observações macroscópicas fortalecendo as explicações descritivas e sucintas (CRESPO, 1996; TOLEDO et al 2021; ROSA E SCHNETZLER, 1998; LOCATELLI, 2020; MORTIMER E MIRANDA 1995).

Quadro 11: Ficha observacional 01 - questão 01

Descreva com suas palavras o que observa dentro do reator no decorrer da reação	
produção de material.	• <i>Visualmente nada. um número aumenta e outra baixa. Fica balançando o pote e começa a efervescer. (E6)</i> • <i>Observei que os pedaços de alumínio estavam soltando bolhas como um sorrisal. (E15)</i> • <i>Observei que no recipiente que foi colocado ácido muriático e o alumínio que foi sacudido e o alumínio criou bolhas. (E5)</i> • <i>No primeiro momento esqueceram de colocar o alumínio, quando foi adicionar, a concentração de ppm disparou começou a subir e dentro do recipiente começou a borbulhar, ferver como se fosse sorrisal, efervescente. (E17)</i> • <i>remoção da fina camada da superfície do alumínio (E10)</i>
bolhas	• <i>após cinco minutos formou bolhas. (E7)</i> • <i>OBS: dentro do frasco está borbulhando, concentração 115.76 ppm, material HCl e lacre de alumínio, o tempo determina quanto dissolve. (E19)</i> • <i>Formou-se pequenas bolhas nos pedaços de alumínio, parece dissolver o alumínio. (E8)</i> • <i>o metal Al apresenta algumas bolhas ao redor de seus fragmentos quando está dentro do ácido HCl (E12)</i>
dissolver	• <i>como mudo audo meal com dissolvel nada posso mudo dentro. (E1)</i> • <i>como pesquisa parece dentro ácido também peso massa alumínio dissolvendo dentro ácido (E16)</i>
tempo	• <i>após cinco minutos formou bolhas. (E7)</i> • <i>OBS: dentro do frasco está borbulhando, concentração 115.76 ppm, material HCl e lacre de alumínio, o tempo determina quanto dissolve. (E19)</i> • <i>é tipo umas bolhas o metal a princípio não dissolve, mas o tempo determina quanto dissolve. (E18)</i> • <i>no primeiro momento metira o ácido depois colocarão na vazilia e quebraram o alumínio. Colocou no ácido e no decorrer de 5 minutos ele foi dissovendo. (E11)</i>

ausência de respostas	E13
-----------------------	-----

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

As observações gerais do sistema baseiam-se nas macroscópicas de modo que os estudantes E6, E15, E5 e E17, evidenciam o processo reacional por meio da efervescência comparando-o à produção de gás hidrogênio com a interação entre água e um comprimido efervescente Sonrisal, talvez porque este tenha sido um dos fenômenos mais comumente observados por eles em seu contexto de vida. Vale salientar que a estudante E15 acredita que o gás estava preso no alumínio, como se o gás já estivesse no início da reação e ao decorrer da reação o alumínio liberava esse gás. Silva e Del Pino, 2016, p.75, relatam em sua pesquisa que esse tipo de explicação dos estudantes, aponta a concepção de deslocamento de substâncias (ANDERSSON 1986, 1990 apud SILVA e DEL PINO, 2016), elas já existiam anteriormente e aparece num dado lugar no decorrer do processo reacional.

Para o estudante E6 as informações quantitativas em relação a massa e concentração de gás provoca dificuldades em observar o sistema, fato é que afirma que nada ocorre visualmente, mesmo que na sequência compare a produção de H_2 ao processo de efervescência. O estudante E17 chama atenção aos equívocos ocorridos por quem operou inicialmente o protótipo e relata a relação entre o "borbulhar" e o aumento repentino de PPM. Ideias semelhantes ao borbulhamento já foram citadas no trabalho de SILVA JÚNIOR (2010), só que por alunos de um curso de química. De certa forma isso mostra que os estudantes quase não conseguem distinguir aspectos relativos à descrição do fenômeno da sua explicação. Outros estudantes, como o E5, também apontam o Alumínio como o responsável pela produção de gás, desconsiderando a ação de interação ocasionada pelo reagente HCl. Em contrapartida o E10 afirma que ocorreu a remoção de uma fina camada de Alumínio onde o reagente HCl como primordial ou principal para esse quesito e não relata nada sobre a produção de gás. Apresentando a concepção de reagente ativo e passivo. Assim, as transformações químicas ocorreriam tendo sempre um material 'mais importante' que é transformado devido à ação de outros reagentes. (CACHAPUZ 1988 apud ROSA E SCHNETZLER, 1998, p.33).

Alguns estudantes E7, E11, E18 e E19, descrevem o tempo como o fator primordial para a formação de bolhas, nesse sentido não leva em consideração a

interação entre os constituintes no sistema analisado considerando a variação de tempo versus formação de bolhas. Vale salientar que eles não especificam de maneira nenhuma quais substâncias estariam presente nas bolhas. Os dicionários online Priberam e Dicio.com, em uma de suas definições para bolhas, aponta que são glóbulos formados por Ar que se eleva a superfície dos líquidos, logo não fica evidente que os estudantes percebam a formação de uma nova substância diferente dos presentes no início da reação.

Do quadro 11, também é possível observar que o número considerável de estudantes (E1, E7, E11, E16, E18 e E1) em suas explicações descrevem a dissolução ao se referirem ao sistema reacional observado, logo apresentam tanto erros conceituais quanto erros de significados entres esses termos. BARKER, 2000, p.36, aponta que alguns estudantes talvez pensem que dissolução é uma reação química, e que a liberação de um gás é uma característica padrão disso. Sabendo que o processo de dissolução está intrinsecamente ligado à solução e solubilidade de soluto em solventes, nos possibilita a interpretação de que a concepção desses estudantes possa admitir a mistura de reagentes como a reação química (ARAGÃO 1991; ROSA 1996 apud ROSA E SCHNETZLER, 1998, p.33).

Quadro 12: Ficha observacional 01 - questão 02

O que acontece com cada um dos reagentes envolvidos no processo reacional
• O HCl ficou denso, O Al dissolveu aos poucos. (E7) • Parece que o ácido muriático está dissolvendo o alumínio. (E8) • O ácido foi diminuindo começou a borbulhar (E11) • Formam bolhas no dentro e o metal muda o alumínio não dissolve totalmente só depois de algum tempo dissolve. (E18) • Pode prigo acudo poque quando muda tempo dentro (E13) • O líquido continua líquido, mas o metal estava dissolvendo (E15)
• Formam bolhas no ácido e o metal muda. O alumínio não dissolve totalmente só depois de algum tempo dissolve. (E19) • Formou-se bolhas com o ácido e o metal não foi dissolvido totalmente. Com aproximado totalmente 1:20 minutos dissolverem totalmente. (E5) • Aconteceu mudar dentro ácido vai dissolvendo coisa ferro que tem como massa (E12)
• A medida que o tempo passa é possível observa que a massa dentro do sistema apresenta variações, pois a partir da reação química em que o ácido corrói o alumínio, há perda de matéria do alumínio para o meio ácido em que está inserido. (E12) • O alumínio gera reações (E10) • Sofreu uma transformação no alumínio. O ácido continua o mesmo, e sendo agitado acelera a reação nesse sistema quase que fechado. (E17)
• não sei (E6)
ausência de respostas (E1)

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

De acordo com a questão 02 (Quadro 12), há prevalência de duas concepções: primeira a de reagente passivo/ativo (CACHAPUZ 1988 apud ROSA E

SCHNETZLER, 1998, p.33; MORTIMER e MIRANDA, 1995, p.24) e a segunda, a reação química é uma solução ou mistura de reagentes (BARKE; HAZARI e YITBAREKI, 2009; ARAGÃO, 1991 apud ROSA 1996 apud ROSA E SCHNETZLER, 1998, p.33). A partir dessa nova ideia podemos elencar as falas da estudante E12, por exemplo, que afirmou que o ácido corrói o alumínio e que com isso foi provocado um aumento de massa no ácido dentro do sistema, admitindo que a variação de massa no sistema é referente a esse processo. Para E17, não há modificação no ácido e apenas o alumínio sobre uma transformação com efeito afirma que a agitação do ácido acelera a transformação do alumínio, sem relatar qual a possível transformação no sistema. O estudante E10 ao afirmar que quem provoca a reação é o alumínio apresenta a mesma concepção de um agente causador e não da interação entre os reagentes.

Para a concepção relacionada a misturas de reagentes, as Estudantes E7, E8, E11, E15, E18, E13, apresentam em suas argumentações a ideia de dissolução do Alumínio como fator preponderante observado no sistema, mas vale ressaltar que a estudante E15, convenientemente, observa que o estado físico do ácido, não modifica o que pode demonstrar que para ele não ocorreu algum tipo de transformação com esse reagente. As estudantes E19, E5, E12, apresentaram ideias sobre a formação de bolhas no líquido, e o passar do tempo como o que acontece com cada um dos reagentes, mais uma vez não especificam o que possivelmente qual substâncias químicas constituem as bolhas formadas no líquido, admitindo também a concepção de agentes passivos e ativos na reação química.

Quadro 13: Ficha observacional 01 - questão 03

É possível afirmar que ocorreu variação de massa no sistema? Se sim, apresente as possíveis causas para esse fenômeno.
• <i>Sim, porque metal ácido misturou e por causa desse contato ocorreu algumas variações. O equipamento do professor estava com problema. (E16)</i>
• <i>Sim ocorreu a variação da massa(E5)</i> • <i>Sim, diminuiu, não sei. (E6)</i> • <i>Sim. (E12)</i>
• <i>Sim, a massa diminuiu a cada momento. O ácido é corrosivo, está dissolvendo o alumínio. (E8)</i>
• <i>Sim. O HCl dissolveu o Al em ambiente fechado por um determinado tempo a cada 5 minutos variava o processo até dissolver por completo o Al. (E7)</i> • <i>Sim, por conta do tempo ocorre a variação (E13)</i> • <i>Formam bolhas no ácido e o metal muda totalmente só depois de algum tempo dissolve. (E18)</i> • <i>Formam bolhas no ácido e o metal muda. O alumínio não dissolve totalmente só depois de algum tempo. (E19)</i>
• <i>Sim. liberação de gases (E10)</i> • <i>Sim, pois os dois tem formas muito diferentes, com reações diferentes. (E15)</i> • <i>Sim, o Alumínio reagiu ao líquido ácido. E está se dissolvendo aparentemente, sofrendo variação de PPM e massa. (E17)</i>

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

Para a compreensão e acompanhamento do fenômeno observado no sistema fechado por parte dos estudantes, foi disponibilizado na ficha de observação 01, uma tabela (Figura 23) para acompanhar o sistema reacional tomando como base as variáveis: tempo, concentração de H_2 em PPM e massa do sistema em gramas.

Na questão 03 (Quadro 13), estão elencadas as explicações dos estudantes às suas anotações ao decorrer da análise do fenômeno (Figura 23), cujo foco principal é a produção de H_2 . Com o passar do tempo a variação positiva de 47 PPM, no período de zero (0) a dez (10) minutos, em seguida há um decaimento de doze (12) PPM. A massa apresenta variação positiva de 2,28 gramas nos primeiros cinco (5) minutos, e no restante do processo até a última medida, há variação negativa de aproximadamente 5,03 gramas, se comparado com o estado inicial do sistema. As variações em relação a concentração em PPM podem ser levadas em consideração pois o sensor MQ-8 só registra a concentração se o gás entrar em contato direto com ele, repousando sobre o sensor. Como os gases possuem movimento aleatório é possível que nem todas as espécies gasosas na reação entre em contato com o sensor.

Figura 23: Tabela para o acompanhamento do fenômeno

Tabela 02 - produção de H_2		
Tempo	Concentração em ppm	Massa (g) total do sistema
0	68,00	57,00
5min	91,11	59,28
10min	115,00	55,41
15min	110,44	54,37
20min	103,17	51,97

Fonte: estudante ES12

No caso da variação de massa no sistema deve ser levado em consideração que o equipamento mesmo sendo vedado, há possibilidade de perda de massa das substâncias no estado gasoso, pois como foi necessário alocar o sensor dentro do PRHA e com isso abrir fissuras para esse feito, a vedação nele pode não ser tão eficiente como se pretendia, promovendo mesmo que pouca, perdas de massa para

o meio ambiente. Outro fator a ser elencado é a improvisação na utilização de uma balança analítica que já apresentava inconsistência significativa nas medidas de massas de outros objetos e sistemas.

Em geral, as respostas dos estudantes para esse questionamento condizem com o esperado, uma vez que todos afirmam que ocorreu a variação de massa, mas apenas os estudantes E19 e E8, apontam que essa variação foi de perda de massa no sistema. Alguns deles (E5, E6 e E12) optaram a responder redundantemente a afirmativa da variação sem ao menos tentar propor alguma explicação para o ocorrido.

Os estudantes E7, E11, E13 E18 e E19, declaram que a variação de massa é decorrente da variação do tempo sem afirmar se ocorreu aumento ou diminuição de massa no sistema, bem como correlacionaram esse fato à ideia de “dissolução” em contraste com a reação do Alumínio em meio ácido, com exceção do E19 juntamente com E8, ambos apontam a ocorrência de perda de massa no sistema.

Outro ponto elencado pelos estudantes para a perda de massa no sistema é devido ao estado de agregação dos constituintes, como observamos ao comentário do estudante E10, a massa variou devido a liberou gases, já o estudante E15 afirma que como os reagentes são em estados físicos diferentes apresentam “reações diferentes”. no mesmo pensar, E17, comenta que o alumínio reage ao líquido e ele que está variando a massa e não o sistema analisado.

Quadro 14: Ficha observacional 01 - questão 04

Utilizando a lei das proporções, apresente a expressão química que pode ser utilizada para representar a reação entre o Al e o HCl e calcule quantos gramas e quantos mols de gás hidrogênio (H₂) deveriam ser produzidos dentro do sistema observado.
• reproduziu apenas a equação balanceada (E10) • reproduziu apenas a equação balanceada (E11) • reproduziu a equação balanceada e a tabela de massas e mol (E5) • reproduziu a equação balanceada e a tabela massa, mol (E8) • reproduziu equação balanceada e proporção entre reagente e produto (E6) • reproduziu a equação balanceada, utilizou a relação • massa, mas não finalizou o cálculo (E7) • reproduziu e calculou a massa de H₂ (E17) • calculou a quantidade de massa de H₂ (E12) • proporção entre reagente e produto (E16) • proporção entre reagente e produto (E18) • proporção entre reagente e produto (E19)
Ausência de resposta – E13 e E15

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

No que se refere a utilização do algoritmo matemático para a resolução quantitativa do sistema reacional analisado, os estudantes foram incumbidos de responder à questão 04 (Quadro 14), observa-se que apenas as estudantes E13 e

E15, optaram por não responder, os demais reproduziram a equação balanceada que estava exposta no quadro branco, dentre eles, as estudantes E5 e E8, reproduziram a tabela que fazia referência entre mol e massa de cada um dos constituintes. Os estudantes E6, E7, E16, E18 e E19, apenas conseguiram preparar e montar o algoritmo matemático, mas não efetuaram os cálculos. Em contrapartida, somente duas estudantes, E12 e E17, propuseram os cálculos envolvendo a relação massa/massa de maneira correta. Um dos fatores responsáveis para que não fosse efetuado os cálculos foi o tempo de aplicação desse momento, por ser um encontro de 50 minutos, o que impossibilitou o desenvolvimento quantitativo.

6.2.5 Aplicação 02 em sala de aula

A ficha de observação 02, tem como funcionalidade obter mais informações em relação às percepções dos estudantes frente ao sistema analisado na aplicação 02, nesse momento, foi realizada a modificação da massa do reagente alumínio, aumentado para 0,9 gramas desse material, Em seguida apenas três questões foram levantadas na ficha 02, os questionamentos 01(Quadro 15) e 03 (Quadro 17) eram idênticos a ficha 01 e por isso almejavam similaridades, já a questão 02 (Quadro 16) tinha por objetivo fazer o comparativo entre as informações que os estudantes elencaram sobre os dois experimentos.

Figura 24: Tabela para o acompanhamento do fenômeno aplicação 02

tabela 02 - produção de H₂

Tempo	concentração em ppm	Massa(g) total do sistema
0,0	48,53	161,4g
5	62,05	153,9g
10	64,77	152,0g
15	65,32	160,4
20	61,50	160,5
25	62,05	161,4
30	65,32	160,3

Fonte: estudante E03

Na Figura 24, é resumida as medidas feitas no decorrer da reação na aplicação 02, dela depreende-se que ocorreu aumento de gás hidrogênio de 14 PPM no decorrer do tempo, se comparado com a aplicação 01, observa-se que ficou abaixo do

esperado, já que o tempo de observação e a massa do reagente alumínio, foram maiores. Esse fato deve ser atrelado ao desligamento de um dos fios que estavam atrelados ao sensor MQ-8. Outro fator importante a ser salientado é a variação da massa, que há um declínio e depois retorna a massa inicial, nesse quesito, essa diferença de massa deu-se a manipulação do equipamento sobre a balança eletrônica de bolso pelos estudantes, que ao retirar e colocar sobre a balança não colocava no centro, interferindo nas medidas de massa pela balança.

Diante do exposto no quadro 15, questão 01, ficha dois, os estudantes de um modo geral apresentaram mais informações relacionadas ao sistema analisado, dentre elas passaram a observar a mudança de coloração da fase líquida no sistema (E3, E6 e E9, E11 e E17)), também observa-se que os termos: geração de gás (E8, E12,) formação de bolhas (E3, E10, E20, E15) apresentaram assim a ideia de produção de uma substância que não estava presente no início da reação, embora apenas o estudante E12 apontou qual substância tenha sido formada.

Quadro 15: Ficha observacional 02 - questão 01

Descreva com suas palavras o que observa dentro do reator no decorrer da reação
• A cor vai mudando, vai formando bolhas, dissolvendo o metal, ouve variações de concentração ppm e também na massa total aumentando e diminuindo a cada 5 minutos sob observação (E3) • a água era transparente e ficou esbranquiçada (E6) • O Al parece dissolver lentamente. O gás formado levanta o lacre dentro do líquido. O líquido é transparente e após 15 minutos tem aparência branca à distância. O ppm aumenta gradualmente e a massa diminui até certo momento (15 minutos) depois volta a subir (E8)
• Através da reação foi gerada bolhas em volta das peças de metais (E10) • eu observei que a cor mudou, através da reação foi gerado bolhas envolta em espécie borbulhava. (E20) • Há produção de gás hidrogênio. É possível observar pequenas bolhas ao redor do alumínio que se encontra imerso no ácido HCl. (E12) • Observei que no primeiro momento tinha um vapor pequeno e foi gerado bolhas em volta do metal (E5)
• como diferente tem dentro do vidro também ácido alto baixo lacre de alumínio com brilho com muito vou porém com arze (E1) • como diferente tem dentro ácido que vidro também alta ou baixa lacre de alumínio cm brilho como mistura (E16) • Aparentemente está acontecendo uma reação onde o alumínio está derretendo ou mudando es estado, criando vida. Vai perdendo força no movimento e há uma mudança na cor de água, não continua translúcida, está leitosa. Algo fez com que alumínio sofra um impulso, e gases sejam liberados, em seguida perde força e desce ao fundo do recipiente. Oscilação da reação do sistema, é como se tivesse dividido uma nuvem em cima e o líquido efervescente embaixo. (E17) • No primeiro momento ele começo a borbulhar e disfasse lento. Ele desmanchou no decorrer do tempo e ficou com pequenos pedaços, e começou a subir e descer. No terceiro momento ele começa ficar com umas poeira e a cor está mudando e o seu tempo de ppm tem suas variadas ela aumenta e diminuir. (E11)

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

O estudante E17, declarou que o alumínio ao decorrer da reação química, muda seu estado de agregação de sólido para líquido e com isso libera algum gás presente nos lacres, persistindo na existência desse gás desde o início da reação e ainda divide o sistema em duas fases gerais, uma líquida e uma gasosa em forma de nuvem sobre o líquido. Outro estudante que acredita na mudança de estado físico do lacre, é o E11 que afirma que o lacre desmanchou e transformou-se em “poeira”.

A partir da segunda aplicação é observado que os estudantes adotaram uma visão mais geral, favorecendo nesse caso, as variáveis massa do sistema e produção de H₂ devido ao PPM (E3, E8, E11 e E17), não se baseando apenas no ocorrido no sistema. A partir desse momento tiveram a noção que tanto a massa quanto a medida em PPM, eram oriundas da reação analisada.

Alguns estudantes (E1, E8, E16 e E17) relacionam a geração de gás com a densidade do metal presente na reação e por esse motivo apresentam diminuição de massa no sistema ao observarem os pedaços de lacres sendo elevados a superfície da fase líquida, logo confundem a reação com solução ou mistura de componentes.

O estudante E12, apresenta em suas concepções a clara consciência da produção de gás H₂, bem como a interface da reação entre os reagentes nos estados líquidos e gasosos, embora não faça menção sobre como deve ser essa transformação a nível submicroscópico.

Quadro 16: Ficha observacional 02 - questão 02

Comparando com a ficha de observação 01, quais as principais diferenças observadas por você
• <i>Observei que a cor mudou e o líquido ficou esbranquiçado, os metais se mechiam, mais não dissolvem por completo. (E5)</i> • <i>HCl ficou com uma coloração esbranquiçada e o Al ficou leve e flutuava bem pouco formou bolhas que se dissolvam com o tempo dentro do recipiente fechado (E7)</i> • <i>gradualmente e a massa diminui até certo momento (15 minutos) depois volta a subir (E8)</i>
• <i>Na ficha 01 a quantidade de Al é menor 0,5g que na ficha 02 (0,9g) O ppm na ficha 02 ficou mais baixo que na ficha um. Já a massa dobrou. (E8)</i> • <i>Para maiores valores de PPM visualizamos menores de massa e vice-versa. (E12)</i> • <i>Aumentou a quantidade de sólido p/ a mesma quantidade de líquido, e a massa aumentou sendo que na ficha 01 a concentração em ppm é maior. (E17)</i> • <i>O um ele foi diminuindo com o tempo. Aumento mais despencando. Já no 2, ele cresceu, diminuiu e cresceu ficou estável (E11)</i>
• <i>F01 -Observei recipiente que foi colocado com ácido muriático, formam bolhas acima e o metal muda o alumínio não dissolve totalmente. F02- Observei recipiente que a cor mudou foi gerado bolhas envoltas especie (E20)</i>
• <i>A quantidade de alumínio a concentração do teste 2 foi mais uniforme (E6)</i> • <i>Grande reatividade dos metais e a taxa de gases no ambiente. (E10)</i>
• <i>ausência de resposta E1, E3, E4, E16</i>

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

Na questão 02 (Quadro 16), ficha 02, os estudantes ficaram livres para comparar as respostas deles frente aos questionamentos presentes nas fichas de observação 01 e 02. Os estudantes E1, e E16 participaram da aplicação 01 e optaram por não responder, também E3 e E4 não responderam, mas nesse caso, eles não participaram do momento anterior. Por outro lado, E5 e E7, focaram suas respostas na observação 02, provocando incoerência entre a pergunta e a expectativa de resposta.

Os demais estudantes poderiam fazer as correlações entre as duas fichas de observação de variadas maneiras, mas agruparam-se essencialmente em: variação de massa e concentração de PPM (E8, E11, E12 e E17), a ação de um dos reagentes (E20) e a generalização do processo reacional (E6 e E10).

No que diz respeito à generalização, o E6 apresenta que ocorreu menos variação na concentração de PPM, tornando a reação, na visão dele mais uniforme, porém ele deixou de levar em consideração que de fato ocorreu aumento de gás na fase líquida, com o aumento de massa de um dos reagentes, tornando-a mais turva. O E10, aponta esse aumento da produção de gás correlacionando com o aumento da massa do Alumínio.

O estudante E20 faz a comparação entre o Alumínio na aplicação 01 com o HCl diluído na aplicação 02, defendendo que em ambos os casos ocorreu a produção de gás, sem especificar qual seria.

A variação das massas, comparadas entre as duas fichas, não auxilia os estudantes a formular perguntas que poderiam ser mais proveitosas para a criação de hipóteses por parte deles com finalidades de compreensão do que aconteceu. Infelizmente o erro ocasionado pela balança analítica na aplicação 01 e o erro ocasionado pelo PRHA na aplicação 02, produziram nos estudantes a relação inversamente proporcional entre massa e concentração de PPM, mesmo eles observando que a variação de massa na aplicação 02 foi praticamente desprezível o que pode ter contribuído negativamente com a concepção de que por ocorrer a produção de um constituinte no estado gasoso invariavelmente há perda de massa, pela substância no estado gasoso “não conter massa”.

Quadro 17: Ficha observacional 02 - questão 03

Utilizando a lei das proporções, apresente a expressão química que pode ser utilizada para representar a reação entre o Al e o HCl e calcule quantos gramas e quantos mols de gás hidrogênio (H₂) deveriam ser produzidos dentro do sistema observado.
• não apresentou e nem calculou a proporção, apenas iniciou o cálculo (E6) • apresentou a equação balanceada e calculou a proporção corretamente. (E3)

- *apresentou a equação balanceada e calculou a proporção. (E20)*
- *apresentou a equação balanceada e calculou a proporção (E17)*
- *apresentou a equação balanceada e calculou a proporção (E11)*
- *apresentou a equação balanceada e calculou a proporção (E7)*
- *calculou a proporção e não apresentou a equação balanceada. (E12)*
- *calculou a proporção e não apresentou a equação balanceada. (E8)*
- *apresentou somente o cálculo proporcional (E10)*
- *apresentou somente o cálculo proporcional (E5)*

Ausência de resposta E1, E4 e E16

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

No quadro 17, os estudantes ignoram os cálculos proporcionais da quantidade de matéria (mol), concentrando seus esforços em calcular somente a massa que poderia ser formada no final do processo. Com exceção dos E1, E4, E16 que optaram por não responder, todos os outros estudantes tentaram de alguma maneira responder. Como exemplo, o E6 apenas montou a proporção, mas não apresentou o cálculo e muito menos reproduziu a equação balanceada. Os demais estudantes calcularam ou apresentaram o algoritmo matemático da proporção (E10 e E5), mas somente os estudantes (E3, E7, E11, E17 e E20) apresentaram a expressão química.

Ao compararmos o Quadro 17, com o Quadro 14, observa-se um avanço considerável de estudantes para a utilização do algoritmo matemático. No Quadro 14, apenas dois estudantes haviam apresentado os cálculos de massa para o Hidrogênio que seria produzido, já no Quadro 17, sete estudantes apresentaram os cálculos. Em contrapartida há a diminuição na utilização da expressão química, de sete estudantes para cinco, com efeito parecem priorizar apenas o algoritmo matemático e apresentando continuidade de dificuldade para ler, interpretar e escrever uma expressão química.

Para obter mais informações dos estudantes e sentir suas percepções relacionadas à funcionalidade do PRHA, foi questionado aos estudantes que participaram de pelo menos em uma aplicação do PRHA na etapa 02, via aplicativo de mensagem instantânea *Whats App*.

Quadro 18: Percepção do estudante em relação ao uso do PRHA

Na sua concepção o PRHA (equipamento utilizado) tem funcionalidade para auxiliar no ensino de estequiometria? Comente
• <i>Professor, acho que sim, apesar de não ter dado certo, pq todo tipo coisa que se mistura é acontece algo, pra mim tem haver com química, é uma reação química, é pode ajudar a aprender sobre esse tipo de reação, em sala de aula. Fazendo outras vezes e der certo. Vai ser legal. (E15)</i> • <i>Boa noite, professor Abraão, vim comentar sobre o equipamento: Ele é interessante porque dá ao aluno a possibilidade de ver melhor o que ele está estudando. Acho que ele é bem funcional. Mas, quanto a atividade em si, eu não consegui assimilar, mais porque eu tenho</i>

dificuldade mesmo, tanto que não consegui entender a diferença que eu deveria ter relatado, sobre os valores que variavam. É isso. Até mais professor! Boa noite 😊 (E12)

- *Boa noite. Comentário sobre os equipamentos usados em sala achei muito interessantes e muito útil e torna a aula mais legal de assistir sem contar que aguça a nossa curiosidade. Muito bom..... (E18)*
- *O que eu pude perceber no experimento é que houve uma mudança de massa conforme havia a formação de gases... não posso precisar exatamente quanto, se pra mais ou pra menos, porque não fiquei com anotações suficientes... no mais não percebi a relação que havia do experimento com o ensino de estequiometria. (E8)*
- *Boa tarde, professor, sim, eu percebi que aquele vidro com aquele líquido e aqueles metais que estavam dentro do líquido eu percebi subindo, o metal se desfazendo, porque eu vi que o equipamento, né, ficava assim, tipo vibrando. E foi com passar os minutos que eu percebi que fui desintegrando assim, tipo foi desfazendo e foi subindo aquelas partículas. Aí eu prestei atenção assim, se tivesse fora do equipamento, talvez até fosse acontecer esse processo, mas eu acho que ia demorar muito pra acontecer o processo. Eu pensei que no caso do equipamento, acelerou aquele processo de desfazer o metal no líquido. (E7)*

Observação: todas as respostas foram transcritas integralmente.

Fonte: Próprio autor

O Quadro 18, mostra a análise do PRHA pelos estudantes, alguns deles E15, E8 e E7, ao analisar a funcionalidade do equipamento no ensino, fazem menção às aplicações e tomam-nas como base de análise. E15 ressalta que mistura de duas ou mais substâncias é uma reação química, e em relação a utilização do equipamento no ensino pode favorecer sobre a aprendizagem de reação química, contanto que seja aplicado e reaplicado. E8, relata não ter conseguido ver relação entre a aplicação do PRHA e o ensino de estequiometria, embora esse estudante, apresente a concepção de reação como agente ativo e passivo, e consiga efetuar os cálculos proporcionais não conseguiu compreender que todo o processo realizado tem a ver com a quantidade de matéria envolvida na reação. A E7, apenas relata suas percepções da aplicação e não aponta nada sobre a utilização do equipamento no seu processo de aprendizagem

E12, declara que o equipamento é funcional, mas teve dificuldades nas aplicações em ter de observar quais as diferenças ou variações que deveriam ser relatadas por ele, nesse caso é importante salientar que a visão era direta dos estudantes sobre as aplicações e eram eles quem deveriam propor as correlações entre as informações obtidas por eles nas duas aplicações, talvez por terem ficados à vontade de relatar e correlacionar, sem ter uma orientação mais específica, pode ter comprometido a avaliação da funcionalidade do equipamento para o ensino de estequiometria.

E18, afirma alguns pontos positivos do PRHA no ensino, dentre eles o dinamismo no ambiente sala de aula, haja vista que em muitos momentos os estudantes conversavam entre si, tentando explicar ou relatar as observações nas

aplicações, fato que para esse estudante pode ser definido como um aumento na curiosidade, o que proporciona maior inquietude frente às observações fortalecendo as ideias de investigação e possivelmente o aprendizado.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Construção e aplicação de um PRHA perpassa por diferentes momentos que, neste caso, incluem dificuldades desde a aquisição dos componentes eletrônicos para a montagem do equipamento até a sua utilização em sala de aula. Agregado a isso, neste processo, que ocorreu em meio a pandemia do Vírus SARS-CoV-2, os inúmeros momentos sem aula presencial associado ao isolamento social, impossibilitou a reaplicação do protótipo no ambiente pesquisado..

Na elaboração desse tipo de instrumento é necessário compreender as relações intrínsecas sobre programação e a construção de um reator para reações químicas em pequena escala. O que para professores da educação básica eles não têm nenhuma formação sobre esse tipo de conhecimento e que pode dificultar a elaboração desse tipo de protótipo para utilizar na educação básica. No caso deste trabalho, as dificuldades encontradas foram além da elaboração e aplicação, uma vez que o único espaço disponível para aplicar foi em uma turma do ensino médio que tem formação específica para o magistério, cuja a preocupação dos estudantes, está muito mais voltada às disciplinas de atuação didática ao ensino infantil do que ao conhecimento relativo às ciências da natureza.

A partir do uso do PRHA neste trabalho também foi possível identificar as ideias prévias dos estudantes onde ficou evidente a presença de dificuldades de aprendizagem relativa ao entendimento do conceito de reação química, pois como apresentado nos resultados coletados, foi possível identificar que para os estudantes e as estudantes é mais fácil tentar apenas exemplificar uma reação do que apresentar uma ideia geral do que são as reações químicas. Isso foi identificado a partir das diferentes ideias prévias que foram apresentadas antes da aplicação do PRHA em sala de aula, onde confusões sobre o processo de dissolução foi apresentada como sendo uma reação química.. Em contrapartida, o uso da analogia produção de um bolo favoreceu significativamente a participação dos estudantes no entendimento das ideias sobre reações químicas, mostrando inclusive a noção delas e deles frente ao entendimento do conceito de proporção química e das ideias relativas ao algoritmo

matemático utilizado para determinar as quantidades que são utilizadas em uma reação química.

A partir do referencial teórico deste pesquisa, foi possível identificar que somente o uso do PRHA não seria suficiente para levar os estudantes a construção de ideias no nível submicroscópico da matéria, motivo ao qual pensou-se na utilização dos modelos do tipo bola bastão para ilustrar como as espécies químicas reagem no nível mais intrínseco da matéria. Assim, para propiciar a noção das reações que ocorrem nesse nível, os estudantes manusearam esses modelos tentando atribuir diferentes proporções estequiométricas para a reação em estudo no PRHA, observando que mesmo assim, havia uma limitação no entendimento das interações químicas para a reação analisada, fato que se deve a duas situações, uma delas é que mesmo os estudantes tendo acesso ao material e discutindo sobre os conceitos, não conseguiram fazer uma ligação entre essa manipulação e a expressão química que representa a reação em análise, e, a segunda é que mesmo depois das orientações de como deveriam manipular, não se sentiram seguros para realizar essa etapa.

Tomando como base a aplicação do PRHA ainda investigou-se e foi constatado a presença de algumas concepções alternativas nas respostas dos estudantes, tais como: reagente ativo e passivo, substância química e mistura de substâncias como sinônimo de reação química, ausência de massa em substâncias no estado gasoso de agregação de matéria, assim também como a influência das analogias e exemplos utilizados pelo professor nas respostas dos estudantes. Com isso, é possível observar que tais concepções dificultam o processo de aprendizagem em química e que o professor precisa atentar-se para as exemplificações e analogias utilizadas nas orientações fornecidas, tentando inclusive tentar minimizar a influência negativa de concepções alternativas no percurso da aprendizagem em química quando se usa um PRHA.

Quanto ao fenômeno reacional observado as respostas dos estudantes apontam que elas e eles não conseguiram entender como se relaciona a interação entre os reagentes a nível submicroscópico na reatividade do Alumínio em meio ácido, mesmo após aplicarem os modelos do tipo bola bastão para ilustrar e representar a maneira de como ocorre a reação analisada. Ainda a partir da observação fenomenológica realizada, reação entre o alumínio proveniente do lacre de latas de bebidas em geral mais o ácido clorídrico, foi possível identificar que os estudantes não

conseguiram adentrar às explicações sobre como o ácido interage com os átomos de alumínio para produzir gás hidrogênio e o sal de cloreto de alumínio, trazendo à tona apenas suas percepções visuais como fonte das explicações ao que ocorre no sistema reacional. Por isso, as respostas foram preponderantemente relacionadas ao nível macroscópico, tais como, “saiu fumaça, mudou a cor da solução, o alumínio subiu e desceu na reação, etc”; fato esse que pode ser atribuído novamente as suas vivências cotidianas e aplicação dos sentidos humanos para decodificar os fenômenos químicos e físicos.

Para melhores resultados haveria a necessidade de avaliar junto aos estudantes suas respostas apresentadas nos instrumentos de coletas de dados e a partir disso, refletir com eles sobre suas concepções e em seguida reaplicar novamente o PRHA para diferentes turmas, configurando assim mais uma oportunidade para explicar o fenômeno observado com vistas a correlacionar os distintos níveis químicos em estudo e discutir os conceitos relacionados à estequiometria da reação, porém esta etapa foi inviabilizada pela pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2.

Os estudantes que participaram dessa pesquisa, apontam que a aplicação do PRHA em sala de aula apresenta como benefícios, a possibilidade de dinamizar o processo de aprendizagem, favorecer a investigação e propiciar a interação entre todos e todas da turma, fomentado perguntas com o intuito de propor as explicações para o sistema analisado. De forma geral, elas e eles também apontam a necessidade de reaplicação e se possível com substâncias distintas das utilizadas nesta pesquisa, algo que ao nosso entendimento também pode ser realizado com outros metais tais como zinco, magnésio, raspa de ferro e etc mais o ácido clorídrico.

Para finalizar, foi observado que um dos fatores que favoreceram a aplicação do PRHA junto a outras estratégias de ensino possibilitou uma boa discussão sobre o fenômeno em estudo e também no momento de abordagem de entre os conceitos tais como, o de proporção química, reação química, reagente limitante e em excesso; algo que foi identificado a partir dos diferentes momentos de inquietação e perguntas realizadas pelos estudantes, o que possibilitou ao professor pesquisador compreender a importância de diferentes recursos didáticos no planejamento didático, favorecer o conflito cognitivo e proporcionar a cada um dos participantes e que a aprendizagem da estequiometria não se configura tão somente como uma etapa de resolução algébrica de cálculos matemático, mas também como um processo de análise e

levantamento de hipóteses sobre a previsão de um fenômeno químico, que, no caso da estequiometria, é composto por minorar perdas de massa em um dado processo de produção de uma dada substância seja em escala laboratorial ou industrial.

8. REFERÊNCIAS

ARDUINO. Disponível em < www.arduino.cc/ >. Acesso em 14 jan. 2020.

AYOUB, J. P.; OLIVEIRA, M. R. N.; **Desvendando a Engenharia: sua Abrangência e Multidisciplinaridade**, Ed.1, v. 2. Guarujá -SP. Editora Científica Digital. 2021.*E-book*.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo .LDA Almeida Brasil, Ed. 70, 229 p, 2016.

BARKER, H. D.; AL HAZARI, A.; YITBAREKI, S. **Misconceptions in Chemistry Addressing Perceptions in Chemical Education**. Springer. Verlag, Berlin Heidelberg 2009.

BARKER, V. **Além das aparências: Concepções Espontâneas dos alunos sobre conceitos básicos de química. relatório de pesquisa**. Universidade de London, 2000, 91. Disponível em <<http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao.htm>>. Acesso em: 30 nov. 2012.

BAUERMEISTER, G.; Biblioteca Arduino aprenda a criar a sua. *In filipeflop*. Santa Catarina. 10 de abril de 2018. Disponível em <<https://www.filipeflop.com/blog/desenvolvendo-uma-biblioteca-arduino/>> Acesso em 11 jul. 2022.

BENCINI, R.; Cada Um Aprende De Um Jeito. **Nova Escola**, Edição 159, 01 de janeiro, 2003.

BRANDÃO, C. R. A pesquisa participante e a participação da pesquisa: um olhar entre tempos e espaços a partir da América Latina. **In: BRANDÃO, Carlos Rodrigues; STRECK, Danilo Romeu (Orgs.)**. Pesquisa participante: a partilha do saber. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2006a, p. 31 Disponível em <

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Equipamentos de Proteção Individual – EPI**. Disponível em <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/>>. Acesso em 15-07-2022.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2007.

CAAMAÑO, A.: La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. **Alambique Didática das Ciências Experimentais**. v 41, p. 68-81, 2004.

CARDELLINI, L. Chemistry - Why the Subject is Difficult. **Educ. quím.** , v. 242, p. 305-310, 2012.

CÁRDENAS S , FIDEL A. e GONZÁLEZ M. Dificultades De Aprendizaje En Química General Y Sus Relaciones Con Los Procesos De Evaluación Ensino De Ciências. **VII Congresso Universidad La Salle**. Mestre em Educação, Bogotá, Colômbia, n. extra. , 2005.

CÁRDENAS, F. A.; Dificultades De Aprendizaje Em Química: Caracterización Y Búsqueda De Alternativas Para Superarlas, **Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 333-346, 2006.

CARDOSO, J. M.; ZANNIN, M.. Proposta experimental para análise das variáveis de estado dos gases com Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 41, n. 4, e20190028 (2019).

CARLOMAGNO, M.C.; ROCHA, L. C. Como Criar e Classificar Categorias para Fazer Análise de Conteúdo: Uma Questão Metodológica. **Revista Eletrônica de Ciência Política**, vol. 7, n. 1, 2016.

CASADO, G.; RAVIOLO, A. Las Dificultades De Los Alumnos Al Relacionar Distintos Niveles De Representación De Una Reacción Química. **Universitas Scientiarum**, v.10, p. 35-43, 2005.

CASTRO, L. H. M .; SANTOS, R.; O uso do Arduino e a criação de objetos educacionais em tempos e espaços desarticulados. **ReCiC- Revista de Ciência da Computação**. v. n.1, p.5-12, 2020.

CRESPO, M. A. G.; Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. [Versão eletrônica]. **Revista Alambique**, v.7, p. 1-10, 1996. Disponível em < https://www.academia.edu/6959563/G%C3%B3mez_Crespo_Alambique_1996> Acesso em 10 jul. 2021.

CRUZ, I. A.; MELO, L.; LEITE, A. N.; SÁTIRO, J. V. M.; ANDRADE, L. R. S.; TORRES, N. H.; PADILLA, R. Y.C.; BHARAGAVA, R. N.; TAVARES, R. F.; FERREIRA, L. F. R.; A new approach using an open-source low cost system for monitoring and controlling biogas production from dairy wastewater, **Journal of Cleaner Production**, Volume 241, 2019.

DELAMUTA, B. H.; ASSAI, D. S.; JÚNIOR, S. L. S. O ensino de Química e as TDIC: uma revisão sistemática de literatura e uma proposta de webquest para o ensino de Ligações Químicas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e149996839, 2020.

FACH, M.; BOER, T.; PARCHMANN, I.; Development of stepped supporting tools for stoichiometric problems. **Pesquisa e Prática em Educação Química**, v.8, n.1, p.13-31, 2007.

FERREIRA, T. A.; MAGALHÃES, M. A.; OLIVEIRA, C. A. R. Concepções de professores de ensino médio sobre o uso didático-pedagógico de aplicativos educacionais digitais para o processo de ensino e aprendizagem de química e suas limitações. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, e23291211156, 2020.

FONSECA, M. R. M.; **Química : ensino médio** / Martha Reis. 2. ed. São Paulo, Ática, 2016.

GALAGOVSKY, L. R.; DI GIACOMO, M. A.; ALI, S. Estequiometría y ley de conservación de la masa: lo que puede ocultar la simplificación del discurso experto. **Ciênc. Educ., Bauru**, v. 21, n. 2, p. 351-360, 2015.

GARY A.; MABBOTT, G. A. Teaching Electronics and Laboratory Automation Using Microcontroller Boards. **J. Chem. Educ.** v.91, p. 1458–1463, 2014.

GAUCHONA, L.; MÉHEUTB. M. Learning about stoichiometry: from students' preconceptions to the concept of limiting reactant. **Chemistry Education Research and Practice**, v.8, n. (4), p. 362-375. 2007.

Gil, A. C.; **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002

Gil, A. C.; **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo, Atlas, 2008.

GRINIAS, J. P.; WHITFIELD, J. T.; GUETSCHOW, E. D. KENNEDY, R. T. An Inexpensive, Open-Source USB Arduino Data Acquisition Device for Chemical Instrumentation. **J. Chem. Educ.** v.93, p. 1316–1319, 2016.

JIN, H.; QIN, Y.; PAN, S.; ALAM, A. U.; DONG, S.; GHOSH, R.; DEEN, M. A. J. Open-Source Low-Cost Wireless Potentiometric Instrument for pH Determination Experiments **J. Chem. Educ.** 2018, 95, 326–330

JUSNIAR; BUDIASIH, E.; EFFENDI; SUTRISNO. He Misconception of Stoichiometry and Its Impact on the Chemical Equilibrium. 1st International Conference on Advanced Multidisciplinary Research (ICAMR 2018) Advances in Social Science, **Education and Humanities Research (ASSEHR)**, v. 227, p.138-141, 2018.

KANG, S. J.; YEO, H.; E JIHYUN YOON, J.; Applying Chemistry Knowledge to Code, Construct, and Demonstrate an Arduino–Carbon Dioxide Fountain **J. Chem. Educ.** v. 96, p.313–316, 2019.

KIMBERLIN, S.; E YEZIERSKI, E.; Develop High School Students' Understanding of conceptual stoichiometry. **J. Chem. Educ.**, v.93, p.1002-1009, 2016.

KUBINOVÁ S. N. e ŠLEGŘ, J. ChemDuino: Adapting Arduino for Low-Cost Chemical Measurements in Lecture and Laboratory. **J. Chem. Educ.**v. 92, p.1751–1753, 2015.

LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996. BRASIL

LEÃO, N. M. M.; KALHIL, J. B. Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências **Lat. Am. J. Phys. Educ.** v. 9, n. 4, p.4601-1- 3, 2015.

LEITE, B. Aprendizagem tecnológica ativa. **Revista Internacional de Educação Superior**, Campinas, SP, v. 4, n. 3, p. 580–609, 2018.

LEITE, B.; Pesquisas Sobre As Tecnologias Digitais No Ensino De Química em Educação. **Debates em Educação.** V.13. n. especial 2, 2021.

LOCATELLI, S. W..Estratégia metacognitiva para repensar os níveis representacionais envolvidos numa transformação química. **Ensino Em Re-Vista**, v. 27, p.1590–1613, 2020.

LOPEZ-GAZPIO,J.; LOPEZ-GAZPIO, A. L.Constructing an Electronic Calorimeter That Students Can Use to Make Thermochemical and Analytical Determinations during Laboratory Experiments. **J. Chem. Educ.** v. 97, n. 4355–4360, 2020.

LOUSADA, R.; O que é Arduino para que serve vantagens e como utilizar. In **Eletrogate**. Minas gerais ,10 de setembro de 2020. Disponível em <<https://blog.eletrogate.com> > Acesso em 14 jan. 2021.

Manual de Conduta em Laboratório de Química e Normas de Segurança, 2015 - Disponível em <<http://www.quimica.ufpb.br/arymaia/MANUAL%20DE...pdf>> Acesso em 15 jul. 2022

Manual de Regras Básicas de Segurança dos Laboratórios do Departamento de Geologia, 2019. Disponível em <<https://geologia.paginas.ufsc.br/files/2019/09/Normas-de-Seguran%C3%A7a-DGL.pdf>> Acesso em 15 jul. 2022

MARAIS, F.; COMBRINCK, S .An Approach to Dealing with the Difficulties Undergraduate . **S. Afr. J. Chem.** v. 62, p. 88–96, 2009. Disponível em <<http://journals.sabinet.co.za/sajchem/>>. Acesso em 12 jul. 2022.

MARQUES, S. P. M.; GOMES, E. C. S.; MARTINS, M. M. da M. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no ensino em ciências: tendências dos artigos publicados nos ENPECs 2015, 2017 e 2019. **Educitec - Revista de**

Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, Manaus, Brasil, v. 7, p. e170721, 2021.

MARTINAZZO, C. A.; TRENTIN, D. S.; FERRARI, D.; PIAIA, M. M. ARDUINO: Uma Tecnologia no Ensino de Física. **Perspectiva, Erechim**. v. 38, n.143, p. 21-30, 2014.

MCCLAIN, R. L.; Construction of a Photometer as an Instructional Tool for Electronics and Instrumentation. **J. Chem. Educ.**, v. 91, p. 747–750, 2014.

MIRANDA, M.L. M. **Constituição E Estrutura Da Matéria. Uma Abordagem Construtivista**. 2001. 216 f. Dissertação (Mestrado em Química Para o Ensino) - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, 2001.

MIRANDA, S. P.; GOMES, .E. C. S.; MARTINS, M. M. M. Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no ensino em ciências: tendências dos artigos publicados nos ENPECs 2015, 2017 e 2019. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v.7, e170721, 2021.

MOREIRA, M. M. P. C.; ROMEU, M. C.; ALVES, F. R. V.; SILVA, F. R. O. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.

MORESI, E.A.D. **Apostila de metodologia da pesquisa**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2003. Disponível em <<http://www.inf.ufes.br/~pdcosta/ensino/2010-2-metodologia-de-pesquisa/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2022.

MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C.; Transformações: Concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**. n. 2, p. 23-26, 1995.

MOURA, B. Diferenças entre placas Arduino. In **ARDUFC**. Fortaleza 13 out. 2012. Disponível em: <<http://ardufc.blogspot.com/2012/10/modelos-do-arduino.html>> Acesso em: 20 jul. 2022.

OLIVEIRA, H. G.; ANTONELLO, R.; FIDÉLIS, A. J.; RINALDI, B.J. D. Energia, Sociedade e Meio Ambiente no Desenvolvimento de Um Biodigestor: a Interdisciplinaridade e a Tecnologia Arduino para Atividades Investigativas. **Quím. nova esc.** São Paulo, v. 40, n. 3, p. 144-152, 2018.

ÓRDENES, R.; ARELLANO, M.; JARA, R.; MERINO, C. ; (2013). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. **Educación química**, v. 25(1), p. 46-55, 2014.

PINO, H.; PASTOR, V.; GRIMALT-ÁLVARO, C.; LÓPEZ, V.; Measuring CO₂ with an Arduino: Creating a Low-Cost, Pocket-Sized Device with Flexible Applications That Yields Benefits for Students and Schools. **J. Chem. Educ.**, v. 96, p. 377–381, 2019.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAABE, A.; G, E. B.; Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E 2018). **Revista Tecnologias na Educação**, v. 26, Edição Temática VIII – III.2018. Disponível em <tecnologiasnaeducacao.pro/tecedu.pro.br>. Acesso em 12 jul. 2022.

RAVIOLO, A. Learning Stoichiometry with Spreadsheet Simulations. **World Journal of Chemical Education**, v. 7, n. 3, p. 203-208, 2019.

RAVIOLO, A.; GARRITZ, A.; SOSA, P. Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 8 n. 3, p. 240-254, 2011.

RAVIOLO, A.; LERZO, G. Enseñanza de la estequiometría - uso de analogías. **Educación Química**, v. 27, p. 195-204, 2016.

RODRIGUEZ-VASQUEZ, K. A.; COLE, A. M.; YORDANOVA, D.; RSMITH, R.; KIDWELL, N. K.; AIRduino: On-Demand Atmospheric Secondary Organic Aerosol Measurements with a Mobile Arduino Multisensor. **J. Chem. Educ.**, v. 97, p. 838–844, 2020.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**. n. 8, p. 31-35, 1998.

ROSENFELD, S.; YAYON, M.; HALEVI, R.; BLONDER, R.; -Teachers as Makers in Chemistry Education:an Exploratory Study, **International Journal of Science and Mathematics Education**, v.17, p. 5125–5148, 2019.

ROST, M.; KNUUTTILA, T. Models as Epistemic Artifacts for Scientific Reasoning in Science Education Research. **Educ. Sci.** v. 12, p. 276 -296, 2022.

SADEGH-CHERI, M. SeparateDuino: Design and Fabrication of a Low-Cost Arduino-Based Microcentrifuge Using the Recycled Parts of a Computer DVD Drive. **J. Chem. Educ.**, v. 97, p. 2338–234, 2020.

SANTOS, L. C. **Dificuldades de aprendizagem em estequiometria: uma proposta de ensino apoiada na modelagem**. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013

SCHUARTZ, A, S.; SARMENTO, H. B. M. Tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) e processo de ensino. **R. Katál.**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 429-438, 2020.

Schwarz, C.V.; Reiser, B.J.; Davis, E.A.; Kenyon, L.; Achér, A.; Fortus, D.; Shwartz, Y.; Hug, B.; Krajcik, J. Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. **J. Res. Sci. Teach.** v.46, p. 632–654, 2009.

SILVA JÚNIOR, C.N. **A energia e suas implicações no ensino-aprendizagem da química**. 2010. 216 f. Tese de Doutorado (Pós-graduação em Química) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

.

SILVA, D. R. ; DEL PINO, J. C. Transformações Químicas: as Noções dos Estudantes ao Explicarem Fatos de uma História. **Pesquisa em Foco**, vl. 21, n. 1, p. 67-78. 2016.

SOONG, R.; JENNE, A.; BISWAS, R. G.; ADAMO, A. ; A SIMPSON, A. Exploring the Maker Culture in Chemistry: Making an Affordable Thermal Imaging System for Reaction Visualization. **J. Chem. Educ.**, v. 97, p. 3887–3891, 2020.

SOUSA, J. R.; SANTOS, S. C. M.; Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa: modo de pensar e de fazer. **Pesquisa e Debate em Educação, Juiz de Fora: UFJF**, v. 10, n. 2, p. 1396 - 1416, 2020.

SOUSA, J. R.; SANTOS, SIMONE, C. M.; Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa: modo de pensar e de fazer. **Pesquisa e Debate em Educação**, v. 10, n. 2, p. 1396 - 1416, 2020.

SOUZA, A. R.; PAIXÃO, A. C.; UZEDA, D. D.; DIAS, M. A.; DUARTE, S.; AMORIM, H. S. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1702, 2011.

SOUZA, F. N.; **Perguntas dos Estudantes e Aprendizagem de Conceitos em Química**. 2006. 535 f. Tese (Didática e Tecnologia Educativa). Universidade Publica de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2006.

THIOLLENT, M.; **Metodologia da pesquisa-ação**. 3 Ed. São Paulo, Cortez, 1986. 108 p.

TOLEDO, M. A. I.; LOBOS, J. I. M.; GATICA, M. R. Q.; CARRILLO, Y. C.; MELIN, A. M. H. Explicaciones escolares respecto al concepto reactivo limitante. **Educacion Química**, v. 32, n. 4, p.81-95, 2021.

UNESP. **Lei de Proust**. 2 Ed. p. 01-02, 2020. Disponível em <[https://acervodigital.unesp.br/acervo digital](https://acervodigital.unesp.br/acervo%20digital) > Acesso em 12 nov. 2022.

URBAN, P. L.; Open-Source Electronics As a Technological Aid in Chemical Education. **J. Chem. Educ.** v. 91, p. 751–752, 2014.

URBAN, P. L.; Universal electronics for miniature and automated chemical. **Assays**, v.140, n. 21 p. 947–1360, 2015.

VIRTAYANTI, I. A.; ROHMAH, R. S. Effectiveness Of Structured-Worksheet Use To Reduce Student Misconceptions In Stoichiometry. **JTK: Jurnal Tadris Kimiya** v.5, n. 2, p.195-203, 2020.

WALKOWIAK, M. e NEHRING, A. Using ChemDuino, Excel, and PowerPoint as Tools for Real-Time Measurement Representation in Class. **J. Chem. Educ.** v. 93, p. 778–780, 2016.

YUNIATI, A.; RIFAI, R. Study of simple spectrophotometer design using LDR sensors based on arduino no microcontroller. 19th International Conference on Physics and Its Applications (ICOPIA) OP Conf. Series: **Journal of Physics: Conf.** v.1153, 2019.

9. APÊNDICE

Apêndice 01 - Questionário de identificação das ideias prévia

Levantamento das Ideias Prévias	
informações dos pesquisados	
Instituição:	
Nome:	Idade:
gênero feminino () masculino ()	Série _____ Turma _____

01. Tomando como base seus conhecimentos, apresente suas ideias sobre o que você entende por reação química, caso conheça exemplos de reações químicas observadas por você no seu cotidiano ou em qualquer outro contexto, apresente-as aqui. Você pode descrever com palavras a reação conhecida ou representar de forma simbólica com letras e números (Ex.: $A_2(s) + B_2(l) \rightarrow 2AB(aq)$). Obs.: Pode apresentar o máximo de reações que conhece.

02. Ao saber que seria convocado para assumir um cargo na prefeitura de Fortaleza-CE, um rapaz chamado Mateus ofereceu um jantar para seis amigos. Nesse jantar, tentou preparar um bolo de chocolate para a sobremesa e buscou uma receita para isso. Ao pesquisar, encontrou uma receita que serviria dez pessoas e listou as quantidades de cada ingredientes abaixo:.

ingredientes:
4 ovos
4 colheres (sopa) de chocolate em pó
2 colheres (sopa) de manteiga
5 xícaras (chá) de farinha de trigo
2 xícaras (chá) de açúcar
2 colheres (sopa) de fermento
5 xícaras (chá) de leite

Como a receita contempla servir dez pessoas e Mateus não gostaria de ter sobras, apresente a quantidade de xícaras de farinha de trigo e de leite que devem ser utilizadas na preparação do bolo para seis pessoas e comente como você chegou a esses valores.

03. A ciência química é carregada de uma linguagem simbólica que é utilizada para REPRESENTAR como os fenômenos químicos ocorrem. A expressão abaixo é parte desse simbolismo que é utilizado para expressar uma REAÇÃO QUÍMICA. A partir dessa expressão, identifique o que pode ser caracterizado como reagente e produto na reação e especifique qual a quantidade de átomos **A**, **H** e **C** presentes em ambos os lados da seta, especificando também os estados de agregação da matéria nas substâncias envolvidas nesse sistema.

$$2A(s) + 6HC(aq) \Rightarrow 2AC_3(aq) + 3H_2(g)$$

Apêndice 02 - Uso de modelos

Assunto: Proporção Química**Colégio** _____**Estudante** _____**Introdução**

A cozinha, se configura como um dos espaços do nosso lar em que é possível entender sobre a ideia de proporção. Nela, preparam-se alimentos dos mais diversos sabores a partir de medidas que podem variar a partir da quantidade dos diferentes temperos ou exigências palatinas. Tomando como base o preparo de um bolo é possível observar essa relação de proporcionalidade quando preparamos esse tipo de alimento a partir de uma quantidade exata de farinha, seja de trigo ou de outro tipo, juntamente com os outros ingredientes para formar uma quantidade exata do produto desejado, nesse caso, o bolo. Não somente na cozinha, mas no meio industrial às proporções de ingredientes em relação a produção de um dado alimento devem ser seguidas à risca, com a finalidade de evitarem o desperdício de matéria prima, assim como manter o sabor único que tem o produto alimentício a ser produzido e também preservar a saúde do consumidor.

A natureza apresenta relações semelhantes quando permite que uma série de substâncias químicas possam ser sintetizadas a partir do que está presente nos mais diversos espaços da terra. Todos os dias, uma série de substâncias químicas são sintetizadas com base em leis próprias regidas pela natureza, tal como, o que os químicos e químicas chamam de leis ponderais, as quais também podem ser utilizadas para explicar a relação entre as massas das substâncias envolvidas em um sistema reacional. Dentre essas, é possível apresentar a Lei das proporções definidas, proposta por Joseph Louis Proust, cujo enunciado é: *"A proporção, em massa, dos elementos que fazem parte da composição de uma substância é sempre constante e independente do processo químico pelo qual a substância é obtida."* Como cada substância tem uma quantidade de átomos por composição de uma substância que não é possível ver, mas somente identificar a partir de modernos equipamentos usados pelos químicos e químicas, compreender essas relações é parte do processo de entendimento sobre as relações de proporcionalidade que existem nessa composição feita algumas vezes, exclusivamente pela natureza. Para entender um pouco mais sobre isso nesse ambiente escolar é possível simular, a partir de modelos que representam a matéria, como os átomos se rearranjam. Nesse sentido, esta atividade tem o intuito de utilizar um modelo do tipo bola-bastão para representar como ocorre no nível submicroscópico o processo de interação de átomos na formação das diferentes substâncias químicas que compõem a natureza.

Objetivo

Manusear modelos do tipo bola-bastão para simular as possíveis interações que ocorrem no nível submicroscópico da matéria, tomando como exemplo a reação entre o alumínio em meio ácido.

Processo Metodológico

Para iniciar a atividade você precisa seguir algumas orientações, como as fornecidas a seguir:

1. Baseado nos raios de cada átomo e utilizando o modelo atômico de Dalton (admitindo que os átomos podem ser REPRESENTADOS por esferas) produza doze (12) unidades de cada um dos átomos envolvidos na EXPRESSÃO I.
2. Adote as cores, azul para REPRESENTAR os átomos de hidrogênio (H), vermelha para REPRESENTAR os átomos de alumínio (Al) e verde para REPRESENTAR os átomos de Cloro (Cl).
3. Para cada átomo que você for REPRESENTAR pesquise no seu material didático (livros/cadernos/apostila) o diâmetro dos raios de cada um átomo que será representado para REPRESENTAR a reação da expressão I.
4. Utilize os palitos de dentes para REPRESENTAR a ligação entre os átomos presentes em cada tipo de interação possível (molecular ou iônico), presentes na Expressão I.
5. utilizando a expressão 1, reorganize os átomos que você elaborou e preencha as tabelas abaixo com os casos específicos A e B.

FICHA DE OBSERVAÇÃO 01

Escola _____
 Estudante _____
 Experimento _____
 Equação química _____

Através da sua observação complete as tabelas e responda os questionamentos abaixo:

tabela 01 - reagentes utilizados

reagente	estado de agregação da matéria	quantidade	unidade de medida
HCl			
Al			

tabela 02 - produção de H₂

Tempo	concentração em PPM	massa (g) total do sistema

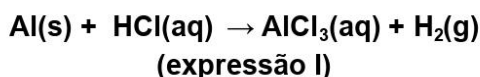
01. Descreva com suas palavras o que observa dentro do reator ao decorrer da reação.

02. Na sua opinião o que acontece com cada um dos reagentes envolvidos no processo reacional? Relate.

03. Ocorreu variação de massa no sistema? Caso sim, apresente as possíveis causas para esse

04. Utilizando a proporção química e recorrendo a reação química apresentada, calcule quantos gramas e quantos mols de gás hidrogênio (H₂) deveriam ser produzidos dentro do sistema observado.

Resposta:



Caso A - três entidades de Al reagindo com sete de HCl.

SIMULAÇÃO DA REAÇÃO ENTRE ALUMÍNIO E ÁCIDO CLORÍDRICO - SITUAÇÃO A				
Reação	Reagentes		Produtos	
	Alumínio	Ácido Clorídrico	Cloreto de Alumínio	Hidrogênio
Representação dos constituintes utilizando esferas				
Quantidade de átomos envolvidos na reação				
Quantidade de constituintes que reagiram				
Quantidade de constituintes que não reagiram				
Coeficientes: quantidade mínima de constituintes				

Caso B - duas entidades de Al reagindo com seis de HCl.

SIMULAÇÃO DA REAÇÃO ENTRE ALUMÍNIO E ÁCIDO CLORÍDRICO - SITUAÇÃO B				
Reação	Reagentes		Produtos	
	Alumínio	Ácido Clorídrico	Cloreto de Alumínio	Hidrogênio
Representação dos constituintes utilizando esferas				
Quantidade de átomos envolvidos na reação				
Quantidade de constituintes que reagiram				
Quantidade de constituintes que não reagiram				
Coeficientes: quantidade mínima de constituintes				

01 - Em algum dos casos, sobrou algum átomo/molécula/ion dos reagentes dentro do sistema? Caso sim, determine quais e qual motivo eles não reagiram?

02- Em qual caso ocorreu a maior formação dos produtos? E de acordo com seus conhecimentos comente sobre.

LUIZ, W.P.S; SOUZA, G.M. Química Cidadã: Vol.2. 2.ed, São Paulo: Editora AJS, 2013.
 BROWN, T. L.; LEMAY JR., H. E.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R.; Química a ciência central; 9ª ed.; Pearson Prentice Hall do Brasil, 2008.

FICHA DE OBSERVAÇÃO 02

Escola _____
 Estudante _____
 Experimento _____
 Equação química _____

Através da sua observação complete as tabelas e responda os questionamentos abaixo:

tabela 01 - reagentes utilizados

reagente	estado de agregação da matéria	quantidade	unidade de medida
HCl			
Al			

tabela 02 - produção de H₂

Tempo	concentração em PPM	massa(g) total do sistema

01. Descreva com suas palavras o que observa dentro do reator ao decorrer da reação.

02. Comparando com a observação 01, quais as principais diferenças observadas por você.

03. Transforme a variação da concentração expressa na tabela 02 obtida na unidade ppm para a unidade mg/L.

Resposta:

04. Utilizando a proporção química e recorrendo a reação química apresentada, calcule quantos gramas e quantos mols de gás hidrogênio (H₂) deveriam ser produzidos dentro do sistema observado.

Resposta:

Produto
educacional

**PROTÓTIPO DE
REATOR HERMÉTICO**
MANUAL DE INSTRUÇÕES

PROFQUI/UFRN
Abraão de Matos Feitoza
abrth1.19@gmail.com

Sumário

Apresentação	4
Construção do Protótipo	5
Material Utilizado	5
Hardware.....	6
Software	10
Aplicação do equipamento.....	13
Sugestão de aplicação.....	14
Referências.....	15

Índice de ilustrações

Figura 01: Componentes eletrônicos	6
Figura 02: Circuito eletrônico (simulação).....	7
Figura 03: Circuito eletrônico (montado).....	8
Figura 04: Material para construção do invólucro	8
Figura 05: Esquema do invólucro inferior	9
Figura 06: Esquema do invólucro superior	9
Figura 07: Produção do invólucro	9
Figura 08: IDE Arduino 2.0.0	10
Figura 09: PRHA.....	12
Tabela 01: Material utilizado na construção do Hardware	5
Tabela 02: Material utilizado na construção do Hardware	6
Tabela 03: Conceitos que podem ser abordados	13
Tabela 04: Atenção para aplicação do equipamento	13
Quadro 01: Código utilizado no PRHA	10

Apresentação

Prezados professores e professoras, é com grande satisfação que vos apresento um equipamento tecnológico de baixo custo, fácil manuseio e ótima aplicabilidade em sala de aula. Todavia, para que possam explorar ao máximo os recursos do equipamento, garantindo sua segurança e de seus estudantes, é fundamental que atente as instruções presentes nesse manual. A partir do equipamento proposto vocês poderão apresentar aos seus estudantes o contato com fenômenos da reatividade de metais em um tipo de sistema fechado, o que pode auxiliá-los no processo de ensino e aprendizagem da Química especialmente na aprendizagem de reações redox e, ainda, quando possível discutir conceitos relacionados à estequiometria da reação. Estamos prontos para esclarecer quaisquer dúvidas sobre a operação do equipamento e para ouvir sua opinião e suas sugestões sobre ele. Em caso de dúvidas, por favor, não hesite em contactar pelos e-mails a seguir: abrth1.19@gmail.com e química.ab.17.2@gmail.com.

Construção do Protótipo

O Arduino é uma placa de prototipagem eletrônica de código *open source* (código aberto), contém uma parte física (Hardware) e parte lógica (Software) através do seu ambiente integrado de desenvolvimento (IDE), ela permite a criação de vários projetos, dentre eles podem ser citados: automação de imóveis e de veículos, equipamentos eletrônicos *smarts* e robôs. Com isso, permite sua aplicação no campo educacional em várias disciplinas (ARDUINO, 2020). Por ser de código aberto, permite também que placas similares e compatíveis com o IDE do arduino possam utilizar o ambiente para serem programadas (LOUSADA, 2020).

A construção do protótipo de reator hermético com a plataforma arduino para detecção de gás hidrogênio é dividida em duas partes, hardware e software, descritas a seguir.

Material Utilizado

Para produção deste recurso foi utilizado alguns componentes que podem ser dispostos na Tabela 01 apresentando a quantidade de cada um que foi utilizado, suas funções e valores de aquisição para a produção do equipamento.

Tabela 01: Material utilizado na construção do Hardware

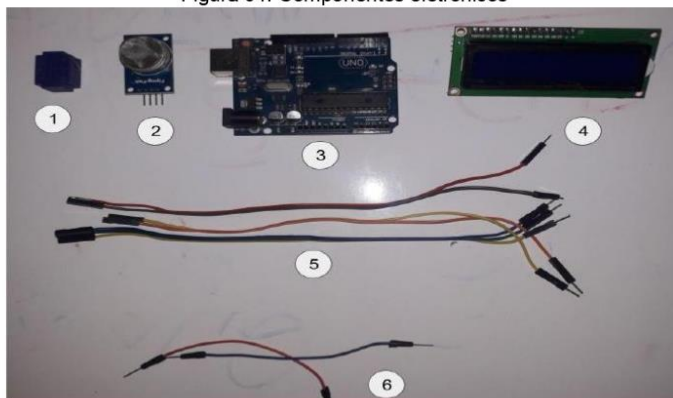
Quantidade	Componente	Função	Valor R\$
01	sensor MQ-8	detectar o gás hidrogênio dentro do reator	24,90
01	display LCD 16x2	apresentar as informações obtidas através do circuito através da interface gráfica	28,40
01	Módulo Serial I2C para LCD	reduzir a comunicação do Display de LCD para quatro fios: dois de alimentação e dois de sinal	11,90
08	jumper macho/ fêmea 20 cm	interligar dois pontos do circuito em projetos eletrônicos	3,45
02	jumper macho/ macho 10 cm	interligar dois pontos do circuito em projetos eletrônicos	0,46
01	placa Uno R3 compatível com Arduino	controlar as ações que servirão para fazer a interligação entre o mundo digital e físico, resultando na	60,00
01	Mini Protoboard 25 pontos	montar os circuitos elétricos através das conexões condutoras.	5,90
01	fonte de alimentação 12V CC	alimentar energeticamente o equipamento	7,50
01	frasco de poliestireno com vedação	alocar a reação internamente	17,90
01	caixa de papelão	alocar todos os componentes eletrônicos	0,00
total			160,41

Fonte: Próprio autor (Obs.: Valores cotados/comprados no período de janeiro de 2021 a janeiro de 2022)

Para os autores ter ideia de como é o formato de cada um dos componentes eletrônicos utilizados no protótipo são apresentados na Figura 01: Mini Protoboard 25 pontos (1); sensor MQ-8(2); placa Uno R3 compatível com Arduino (3); display LCD 16x2

com módulo i2C (4); jumpers (fios) macho-macho (5) e macho-fêmea (6), utilizados para interligar os componentes.

Figura 01: Componentes eletrônicos



Fonte: Próprio autor

Hardware

A pinagem do circuito eletrônico e a conexão entre os componentes eletrônicos (Tabela 02), é realizada utilizando as entradas e saídas analógicas e, ou digitais da placa Uno R3, do sensor MQ-8 e do display de LCD com i2c.

Tabela 02: Material utilizado na construção do Hardware

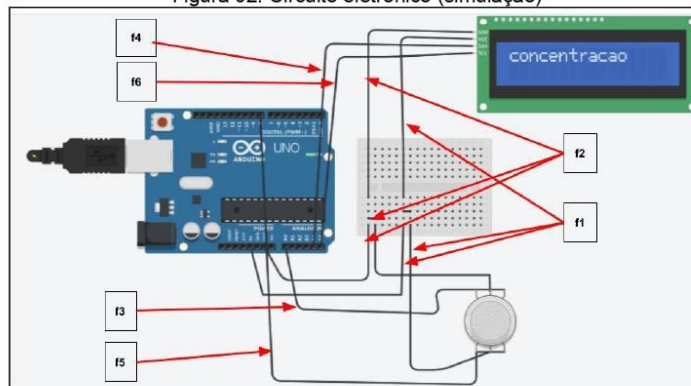
Pinagem				
pino sensor MQ-8	código da fiação(f)	pino Arduino	porta LCD	código da fiação(f)
VCC	VCC - 5V (f1)	5V	VCC - 5V (f1)	VCC - 5V (f1)
GND	GND- GND (f2)	GND	GND	GND- GND (f2)
A0 (analógico)	A0 - A0 (f3)	A4	SDA	A4 - SDA (f4)
AD (digital)	AD - D8 (f5)	D 5	SCL	A5 - SCL(f6)

Fonte: Próprio autor

Para idealizar a construção do circuito eletrônico (Figura 02), utilizou-se o simulador *tinkercad* que é uma ferramenta online de design de modelos 3D e também de simulação de circuitos elétricos analógicos e digitais (PRADO, 2018). Tal simulador tem inúmeras funções, destacando a simulação da construção bem como a parte lógica da programação para o protótipo, que possibilita a observação das possíveis inconsistências que podem comprometer tanto a funcionalidade do programa quanto a própria placa Uno R3.

As conexões foram feitas baseadas na simulação (Figura 02) e concretizadas (Figura 03), de acordo com a seguinte organização:

Figura 02: Circuito eletrônico (simulação)



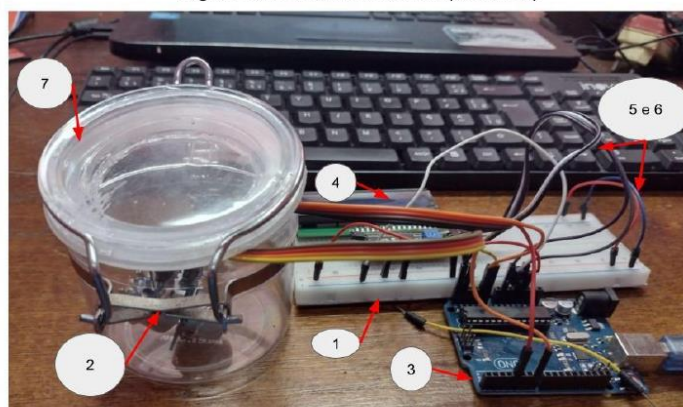
Fonte: Tinkercad

Alimentação energética adentra o sistema por uma fonte 12 V conectada na entrada de alimentação da placa Uno R3 (3), em seguida uma corrente contínua de 5V (saída VCC) de 3, através do fio (f1), alimenta energeticamente a matriz de contato (*protoboard*) (1), essa redistribui a alimentação na entrada (VCC) do sensor (2) e do LCD (4). Em seguida, o fio (GND) (f2) faz o sentido inverso, devolvendo a corrente das portas GND do sensor (2) e do LCD (4) até chegar à placa Uno R3 (3).

O sensor MQ-8 faz a leitura dos dados e através do fio f3, é encaminhada à porta de entrada analógica A0, essa entrada permite a variação de 0 a 5V com erro de $\pm 0,1$ V, o que transformando em caracteres é uma variação de 1023 unidades, onde cada PPM equivale a 0,004887 V aproximadamente 4,9 mV (ARDUINO, 2018). O mesmo sensor utiliza a porta digital D8 através do fio f5, para ler e escrever os dados coletados da porta A0 no serial do Arduino, que interpreta esses valores em relação a pulsos elétricos, em seguida os fios f4 e f5, destina os dados interpretados para a tela de LCD que expõe esses valores em PPM.

Na Figura 03, o recipiente transparente de poliestireno com capacidade de 220 mL (7) é onde as reações são realizadas e foi escolhido devido a fatores como custo-benefício e ser hermeticamente fechado, embora possa haver a possibilidade de escape da matéria no estado gasoso, mesmo que em pequena quantidade.

Figura 03: Circuito eletrônico (montado)



Fonte: Próprio autor

Na produção do invólucro, peça manufaturada cuja função é acomodar bem o circuito e proporcionar fácil manejo para o transporte, são utilizados os materiais: papelão reutilizado para a parte física do invólucro (8); pincel atômico (9) para demarcar o que seria cortado, régua plástica (10) para limitar e mensurar, estiletes (11) para cortar sobre as demarcações e a pistola de cola quente (12) para colar e montar a estrutura externa do equipamento (Figura 04).

Figura 04: Material para construção do invólucro



Fonte: Próprio autor

Em sua construção, utilizou-se 8 como material básico, este foi mensurado e feita as demarcações utilizando 9 e 10, a partir do esquema das medições apresentado na Figura 05 (parte inferior) e Figura 06 (parte superior), em seguida com 11, recortou-se 8, sobre as linhas contínuas e dobrou-se, nas linhas pontilhadas.

Ao recortar e dobrar 8, com as partes dobráveis para dentro, cole o invólucro com 12, e monte o sistema eletrônico dentro dele. Cole 3 na base e disponibilize as entradas USB e 12V, nos seus respectivos locais do lado direito e em seguida (Figura 07) em seguida foi colado o Display de LCD no local indicado do esquema da Figura 05.

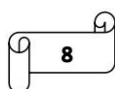
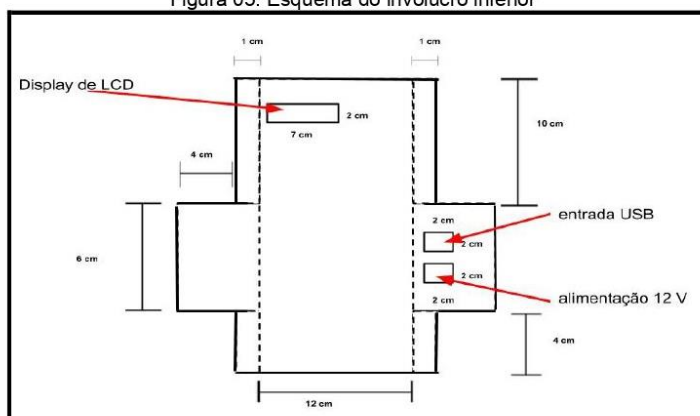
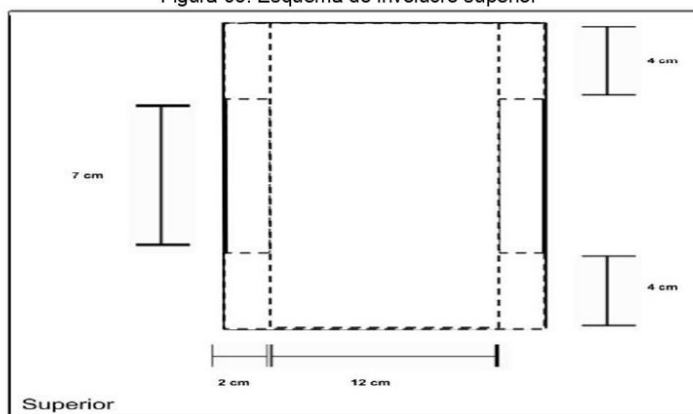


Figura 05: Esquema do invólucro inferior



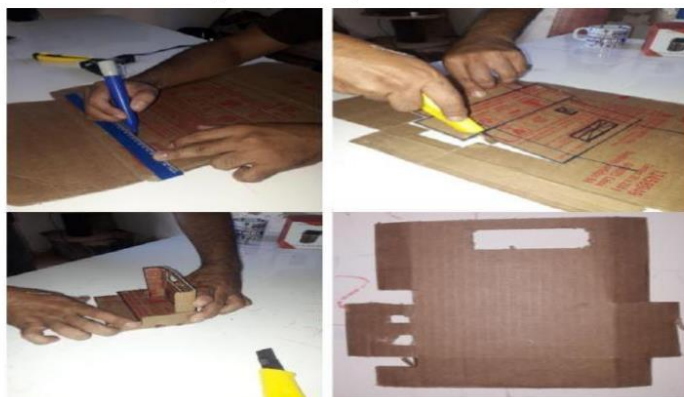
Fonte: Próprio autor

Figura 06: Esquema do invólucro superior



Fonte: Próprio autor

Figura 07: Produção do invólucro

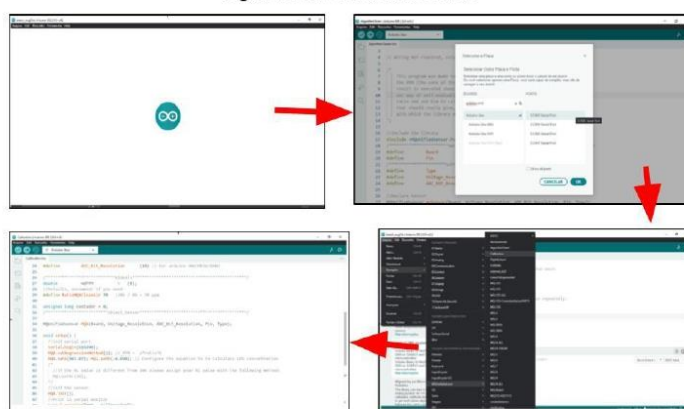


Fonte: Próprio autor

Software

A programação é realizada no software Arduino (IDE) 2.0.0 de código, nele é conectado via USB o PRAH ao *Notebook*, em seguida utilize os exemplos de codificação presente nas duas bibliotecas digitais hospedada na própria IDE (Figura 08), a MQUnifiedsensor.h e Liquidcrystal_i2c.h, onde Bauermeister, (2018) define que é um conjunto de instruções desenvolvidas para executar tarefas específicas relacionadas a um determinado dispositivo, esta condição facilita a construção do software para leigos e pessoas experientes no ramo da programação.

Figura 08: IDE Arduino 2.0.0



Fonte: Arduino, 2022

O código utilizado do PRHA (Quadro 01), foi montado a partir do exemplo denominado calibração do sensor MQ-8 e dentro da própria pasta de arquivos da biblioteca foi realizada uma pequena alteração incluindo a biblioteca Liquidcrystal_i2c.h dentro da MQUnifiedsensor.h para que fosse possível mostrar a concentração em partes por milhão (PPM) do gás Hidrogênio em tempo real no decorrer da reação química, em seguida carregou-se o código para o microcontrolador Uno R3.

Quadro 01: Código utilizado no PRHA

Código Arduino PRHA
Biblioteca MQUnifiedsensor - lendo um MQ8 Demonstra o uso de um sensor MQ8. Biblioteca originalmente adicionada em 01 de maio de 2019 por Miguel A Califa, Yersson Carrillo, Ghiordy Contreras, Mario Rodriguez Exemplo adicionado modificado em 23 de maio de 2019 por Miguel Califa Uso atualizado da biblioteca modificado em 26 de março de 2020 por Miguel Califa Fiação: Certifique-se de que o pino A0 do arduino representa a entrada analógica configurada no pino #define Este código de exemplo é de domínio público.

```

*/
//Inclui a biblioteca
#include <MQUnifiedsensor.h>
//#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//Definições
#define placa "Arduino UNO"
#define Voltage_Resolution 5
#define pin A0 //Entrada analógica 0 do seu arduino
#define tipo "MQ-8" //MQ8
#define ADC_Bit_Resolution 10 // Para arduino UNO/MEGA/NANO
#define RatioMQ8CleanAir 70 //RS / R0 = 70 ppm
//Exibe LCD I2C
//#definir endereço 0x27
//#definir colunas 16
//#definir linhas 2
//#define calibração_button 13 //Pin para calibrar seu sensor
//Declara Sensor
MQUnifiedsensor MQ8(placa, Voltage_Resolution, ADC_Bit_Resolution, pino, tipo);
//Declara Exibição
//LiquidCrystal_I2C led(endereço, colunas, linhas);
void setup() {
    //Inicia a comunicação da porta serial - para depurar a biblioteca
    Serial.begin(9600); //Inicia porta serial
    //lcd.init(); //Iniciar Exibição
    //lcd.backlight(); // Liga a luz de fundo do display
    //lcd.clear(); //Limpa a exibição
    //Definir modelo matemático para calcular a concentração de PPM e o valor das constantes
    MQ8.setRegressionMethod(1); // _PPM = a*ratio^b
    MQ8.setA(976,97); MQ8.setB(-0,688); // Configura a equação para calcular a concentração de
    H2
    /*
        Regressão exponencial:
        GÁS | um | b
        H2 | 976,97 | -0,688
        GLP | 10000000 | -3.123
        CH4 | 8000000000000000 | -6,666
        CO | 200000000000000000 | -8.074
        Alcool | 76101 | -1,86
    */
    /****** MQ Init *****/
    //Observações: Configure o pino do arduino como entrada.
    /******
    MQ8.init();
    /*
        //Se o valor RL for diferente de 10K, atribua seu valor RL com o seguinte método:
        MQ8.setRL(10);
    */
    /****** MQ Calibration *****/
    // Explicação:
    // Nesta rotina o sensor irá medir a resistência do sensor supostamente antes de ser pré-
    aquecido
    // e em ar limpo (condições de calibração), configurando o valor R0.
    // Recomendamos executar esta rotina apenas na configuração em condições de laboratório.
    // Esta rotina não precisa ser executada a cada reinicialização, você pode carregar seu valor
    R0 da eeprom.
    // Agradecimentos: https://jayconsystems.com/blog/understanding-a-gas-sensor
    Serial.print("Calibrando, aguarde.");
    float calcR0 = 0;

```

```

for(int i = 1; i<=10; i++)
{
  MQ8.update(); // Atualiza os dados, o arduino vai ler a voltagem do pino analógico
  calcR0 += MQ8.calibrate(RatioMQ8CleanAir);
  Serial.print(".");
}
MQ8.setR0(calcR0/10);
Serial.println(" feito!");
if(isinf(calcR0)) {Serial.println("Aviso: Problema de conexão, R0 é infinito (circuito aberto
detectado) verifique sua fiação e alimentação"); enquanto(1);}
if(calcR0 == 0){Serial.println("Aviso: Problema de conexão encontrado, R0 é zero (curto do
pino analógico para terra) verifique sua fiação e alimentação"); enquanto(1);}
/***** MQ CALibration *****/
MQ8.serialDebug(true);
}
void loop() {
  MQ8.update(); // Atualiza os dados, o arduino vai ler a voltagem do pino analógico
  MQ8.readSensor(); // O sensor lerá a concentração de PPM usando o modelo, valores a e b
definidos anteriormente ou a partir da configuração
  MQ8.serialDebug(); // Irá imprimir a tabela na porta serial
  // lcd.setCursor(0,0);
  // lcd.print(Concentração);
  //Serial.print(_PPM);
  atraso(500); //Frequência de amostragem}

```

Fonte: MQUnifiedsensor.h modificada pelo autor

O protótipo PRHA (Figura 09) finalizado, é colocado sobre uma balança digital de bolso (13), salientando que para melhor precisão de medidas de massa é necessário alocar o frasco de polipropileno (7) no centro da balança. E para facilitar as medidas do ácido muriático utiliza-se uma tampa reutilizada de amaciante de roupas (14), pois ela facilita a medição sem auxílio de outro instrumento para mensurar a quantidade de líquidos.

Figura 09: PRHA



Fonte: Próprio autor

Aplicação do equipamento

O equipamento deve ser utilizado em sala de aula de maneira demonstrativa, podendo ser manipulado pelos estudantes, mas utilizando os equipamentos de proteção individual assim como pode ser aplicado para trabalhar conceitos de acordo com a Tabela 03:

Tabela 03: Conceitos que podem ser abordados		
Ano do Ensino médio	1º ano	2º ano
Conceitos	• Estados físicos da matéria • Transformação química.	• Gases • Reação • Reação Redox • Reatividade dos metais • Concentração • Estequiometria

Fonte: Próprio autor

Todos os cuidados para a utilização, manejo e transporte do equipamento devem ser levados em consideração, assim se faz necessário ter atenção a alguns informes que constam na Tabela 04:

Tabela 04: Atenção para aplicação do equipamento	
	Ao ligar o equipamento na tomada aguarde seis horas para realizara as medições, para que o sensor MQ-8 seja pré- aquecido.
	Não exceder a capacidade volumétrica de 50% do recipiente em hipótese alguma.
	Não exceder o limite máximo de 2 gramas de alumínio, para não ocorrer grande produção de gás dentro do sistema utilizado, o que pode elevar a pressão e temperatura dentro do sistema.
	Ao manipular os lacres de alumínio corte-os na maior quantidade de pedaços possíveis, para acelerar o processo reacional. A partir de diferentes tamanhos é possível trabalhar conceitos relacionados aos fatores que alteram a taxa de uma reação química.
 	A solução comercial (ácido muriático) mesmo estando diluída possui uma concentração aproximada de 6 mol.L^{-1} e pode provocar acidentes, é corrosivo a pele e metais e pode ser tóxico, por esse motivo deve ser manipulada utilizando os equipamentos de proteção individual e apresentando vídeos disponíveis na internet sobre os cuidados que devemos ter ao manusear este produto.

Fonte: Próprio autor

Sugestão de aplicação

PLANO DE AULA - PRHA

Assunto

- Reatividade do Alumínio em meio ácido.

Objetivo

- Aplicar o PRHA e analisar a reação de oxirredução no sistema fechado para propor discussão relacionada aos conceitos envolvidos.

Conceitos:

- Reação química, proporção química, reagente limitante e em excesso.

Habilidades:

- (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
- (EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
- (EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

metodologia:

- Experimental demonstrativa e dialógica, baseada na aplicação e manejo do PRHA bem como na discussão fomentada pelas observações dos estudantes.

Público Alvo

- Estudantes do 2º ano do Ensino Médio.

Tempo

- 100 minutos.

Material utilizado

Parte experimental	dialógica
• PRHA. • Balança digital de bolso. • um lacre de lata de alumínio. • 50 mL de ácido muriático comercial. • Jaleco, óculos de proteção e luva de borracha. • Anotações dos estudantes relacionadas ao processo observado.	• Quadro branco e pincel. • Discussão a partir das concepções dos estudantes oriundas da parte experimental.

Avaliação:

- Correlacionar as anotações dos estudantes e suas concepções com os conceitos cientificamente aceitos, trabalhados no encontro.

Referências

ARDUINO. Disponível em< www.arduino.cc/>. Acesso em 14 jan. 2020.

BAUERMEISTER, G.; Biblioteca Arduino aprenda a criar a sua. *In filipeflop*. Santa Catarina. 10 de abril de 2018. Disponível em <<https://www.filipeflop.com/blog/desenvolvendo-uma-biblioteca-arduino/>> Acesso em 11 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **Equipamentos de Proteção Individual – EPI**. Disponível em <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/>>. Acesso em 15-07-2022.

LOUSADA, R.; O que é Arduino para que serve vantagens e como utilizar. In **Eletrogate**. Minas gerais ,10 de setembro de 2020. Disponível em <<https://blog.eletrogate.com>> Acesso em 14 jan. 2021

PRADO, T. P.; Tinkercad: ferramenta online e gratuita de simulação de circuitos elétricos. Disponível em< <https://embarcados.com.br/tinkercad/>>. Acesso em 14 jan. 2020.

UNIPAR. **Ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ) ácido clorídrico**. disponível em <Unipar<https://www.unipar.com>> acesso em 01 fev. 2023.