



ATIVIDADE EXPERIMENTAL VIA MODELAGEM MATEMÁTICA: FORMAÇÃO DE BIOGÁS POR MEIO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

Júlia Maria Alves Massoni
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
juliamassoni@alunos.utfpr.edu.br

Yasmin Kailany Parro Alves
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
yasminparro.alves@gmail.com

Karina Alessandra Pessoa da Silva
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
karinasilva@utfpr.edu.br

Resumo

Este estudo relata a utilização de modelagem matemática em uma experimentação para a formação de biogás a partir de resíduos orgânicos, com o objetivo de articular conteúdos matemáticos, como funções, sólidos de revolução e integrais, com outros contextos, como químicos e ambientais. Considerando apontamentos sobre a modelagem matemática, a atividade seguiu as fases inteiração, matematização, resolução, interpretação de resultados e validação e quanto à experimentação, essa foi integrada como uma investigação, com foco em aprender e visualizar a aplicação de conteúdos matemáticos em um contexto de sustentabilidade. A atividade envolveu a coleta de dados, análise e uso do software *Geogebra*, para modelar o volume de biogás produzido em três amostras de resíduos, com isso a atividade propõe discutir: *Qual resíduo gera maior quantidade de biogás?* Assim, os resultados indicaram que o feijão produziu mais biogás, seguido pela banana e pelo repolho. As autoras propõem expandir a atividade para outros resíduos e recipientes, como garrafas PET, tornando a experimentação acessível em diferentes níveis de escolaridade com o intuito de se articular diferentes componentes curriculares.

Palavras-chave: Experimentação. Sólido de Revolução. Geogebra.

Introdução

O uso da modelagem matemática começou a ganhar destaque a partir da década de 1970, porém é possível perceber ainda uma crescente quantidade de pesquisadores que se debruçam no uso desse tipo de conhecimento no âmbito educacional (Souza; Almeida; Klüber, 2018). As pesquisas têm revelado que, de modo geral, as atividades de modelagem têm auxiliado na aplicação de conceitos e proporcionado maior interesse dos alunos, influenciando na aprendizagem (Bassanezi, 2002; Almeida; Silva; Vertuan, 2012; Silva; Araki; Borssoi, 2022). Estas são algumas das vantagens de se utilizar a modelagem em salas de aula, criando-se um ambiente mais agradável e de construção de conhecimento.

Além disso, a modelagem matemática tem como uma de suas características fundamentais a multidisciplinaridade, então, não é somente na Matemática que seu emprego é usual. A Física, a

Química e a Biologia também são algumas disciplinas abordadas quando se implementam atividades de modelagem em práticas de ensino. Porém, é na Matemática a sua maior importância, principalmente por permitir criar soluções de problemas reais com conteúdos matemáticos em diferentes níveis de escolaridade. Como dito por Cury (2003, p. 15), “a associação entre Modelagem e Experimentação possibilita “trazer” questionamentos a alunos e professores, despertando a reflexão e o espírito crítico [...] ao invés de treinamento para resolução de problemas padronizados”.

Neste sentido, uma relação que se faz presente na modelagem é a experimentação, em que existem pesquisas e investigações a respeito de maneiras didáticas de articular teoria à prática (Araki, 2020; Rocha, 2021; Silva; Araki; Borssoi, 2022; Silva *et al.*, 2023). Demo (2011) afirma que a experimentação, na perspectiva do “educar para a pesquisa”, promove o diálogo entre a atividade experimental e o conhecimento prévio dos alunos, que deixam de ser meros espectadores para serem sujeitos de sua própria aprendizagem. Carvalho (2013, apud Emer, 2020, p. 23) assevera que a “experimentação é pensada como uma investigação dos alunos para a solução de um problema novo a eles”.

Diante do exposto, esse estudo relata a utilização de modelagem matemática em uma experimentação para a formação de biogás a partir de resíduos orgânicos. A causa por trás dessa ação está na inspiração de uma atividade investigativa desenvolvida na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral de uma variável real, ministrada no segundo semestre de 2023 pela terceira autora deste artigo, no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária de uma Universidade Federal. Contudo, foram feitas algumas modificações acerca do experimento, das análises e da construção da prática por duas alunas: uma participante de um projeto de Iniciação Científica (primeira autora) e outra integrante de um projeto de extensão (segunda autora). A aluna de IC cursa graduação em Engenharia Química e a aluna do projeto de extensão cursa Engenharia Ambiental e Sanitária.

Neste trabalho relatamos os procedimentos da atividade via modelagem matemática que podem possibilitar o aprendizado, ou mesmo articulações com a realidade, de conteúdos ligados à Matemática, como Funções, Sólidos de Revolução e Integrais relacionados a estudos ambientais, como o gerenciamento de resíduos sólidos, buscando por uma solução de energia alternativa com menor impacto ao meio ambiente, produzindo uma intertextualidade entre as graduações das autoras do trabalho.

Para a estruturação do relato de experiência vivenciada pelas alunas da graduação sob orientação da professora, consideramos alguns apontamentos sobre modelagem matemática e

experimentação abordados no próximo tópico e, em seguida, apresentamos os encaminhamentos que realizamos na obtenção do volume de biogás produzido a partir de amostras de resíduos de alimentos. Finalizamos com nossas considerações sobre a atividade desenvolvida, bem como os próximos procedimentos que temos a intenção de realizar.

Modelagem matemática e experimentação

O ensino da Matemática vem progredindo em metodologias diferentes das abordagens clássicas em que o professor era o detentor do conhecimento, cabendo aos alunos seguir os procedimentos mostrados. A modelagem matemática vem se consolidando, não apenas como uma alternativa pedagógica em relação às abordagens clássicas, mas que procura adequar o ensino da Matemática à realidade do aluno, estabelecendo assim uma aprendizagem relevante e, também, promover a participação ativa desse aluno nas atividades por meio de um trabalho em grupo.

Na discussão que orienta o nosso trabalho, compreendemos a modelagem matemática segundo os pressupostos de Almeida, Silva e Vertuan (2012), tendo como uma alternativa pedagógica para abordar, por meio da matemática, um problema não essencialmente matemático, a fim de buscar soluções por meio da representação de um modelo matemático. Segundo Bassanezi (2002), o modelo matemático refere-se a solucionar determinadas situações-problema por meio da matemática, utilizando linguagem comum e símbolos matemáticos.

Desta forma, uma atividade de modelagem matemática pode ser definida com o início na situação inicial e, posteriormente, alcança uma situação final e um conjunto de procedimentos e conceitos matemáticos que possibilitam essa transição (Almeida; Silva; Vertuan, 2012). Na concepção de Almeida e Ferruzzi (2009), as ações que configuram uma atividade de modelagem matemática estão relacionadas a: formulação de um problema; processo investigativo; busca por uma representação matemática; análise da resposta para o problema e comunicação de resultados para outros.

Os encaminhamentos de uma atividade de modelagem podem seguir maneiras diferentes de acordo com a situação-problema apresentada. De modo geral, a literatura tem organizado o conjunto de procedimentos em fases, desde a etapa inicial até a final. Almeida, Silva e Vertuan (2012) nomeiam essas fases por Inteiração, Matematização, Resolução, Interpretação de Resultados e Validação.

A primeira fase, Inteiração, é o primeiro momento em que o modelador terá um ‘diálogo’ com a situação-problema, buscando conhecer características específicas do assunto. Esta fase é

muito importante, pois é aqui que se definem a elaboração do problema e os passos para as próximas etapas. Normalmente, ou pelo menos espera-se, uma prévia de conhecimentos sobre a situação-problema, mas se não tiver, é nessa fase que ocorre essa ação. Além disso, pode-se acontecer um desdobramento durante o desenvolvimento das outras fases, baseando-se na busca por novas informações ao longo das partes.

Na segunda fase, **Matematização**, ocorre a transição de uma linguagem natural para uma linguagem matemática, isso quer dizer que, é nesta etapa que a matemática começa a aparecer no desenvolvimento da atividade, já que, comumente, a fase de **Inteiração** não está diretamente ligada a essa linguagem matemática. Também é aqui que se inicia a busca por conceitos, métodos e formas de se obter soluções para a situação-problema.

A terceira fase, **Resolução**, corresponde à construção de um modelo matemático, que proporcione representar a situação-problema, criando questionamentos a respeito das análises prévias e, se possível, soluções preliminares do tema.

Na quarta e última fase, **Interpretação de Resultados e Validação**, acontece a junção de todas as fases antecedentes, isto é, requer uma avaliação de uma resolução do problema. Além do mais, precisa ter uma validação dos procedimentos matemáticos utilizados na situação. Esta fase tem como objetivo desenvolver uma capacidade nos alunos de avaliar a construção da situação-problema e as diferentes formas de execuções.

As fases supracitadas podem ser organizadas em um esquema, chamado ciclo de modelagem matemática, como o apresentado na Figura 1.

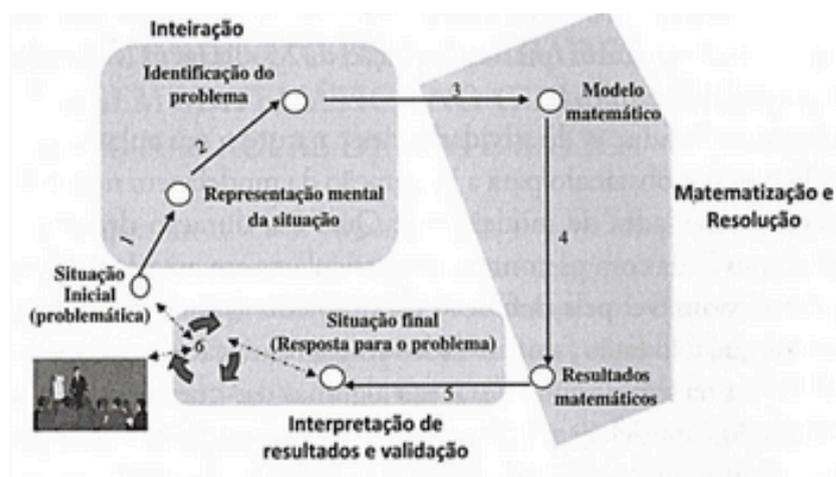


Figura 1 – Ciclo da Modelagem Matemática

Fonte: Almeida, Silva e Vertuan (2012, p. 19)

Enfim, desenvolver uma atividade de modelagem matemática requer uma união entre comunicação e argumentação, ao passo que diante das propostas apresentadas como solução da situação-problema, fundamentado em pesquisa e teste, ocorre a justificação das escolhas em relação às fases desenvolvidas, estas estando certas ou erradas. Biembengut (2016) afirma que a interpretação da solução deve ser feita através de análises das implicações da solução, derivada do modelo que está sendo investigado, avaliando seu grau de confiabilidade, verificando sua adequabilidade e sua relevância. Se a verificação não der certo, ou seja, se o modelo não for confiável, retornamos à segunda fase, a Matematização, e começamos novamente o processo.

Algumas pesquisas, como as de Araki (2020), Rocha (2021) e Silva *et al.* (2023) têm articulado os encaminhamentos de uma atividade de modelagem com procedimentos próprios da experimentação. A experimentação não se trata apenas da montagem e observação dos resultados que serão obtidos, mas também é uma parte importante na construção de uma pesquisa.

Segundo Araújo e Abib (2003), no âmbito da experimentação, as atividades são classificadas em três categorias: atividades de demonstração, de verificação e de investigação. De acordo com o nosso tema escolhido para este artigo, a atividade que mais se encaixa é a de investigação, por ter similaridade com a modelagem matemática.

Os aspectos que se destacam na experimentação por investigação, conforme Carrascosa (2006), consiste em determinar um problema inicial, para, em seguida, abarcar o planejamento dos procedimentos experimentais e os caminhos de investigação, que precisam ser realizados por meio de trabalho coletivo, em que se faz uma reflexão sobre a relevância do estudo realizado, bem como se destacam as implicações para as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade e socialização dos resultados.

Dessa forma, propomos utilizar a modelagem matemática e a experimentação para criação e observação de um trabalho, com o foco em aprender e visualizar a aplicação de conteúdos matemáticos, seja qual for o nível de conhecimento, em um contexto de sustentabilidade, buscando por energias alternativas, com uma atividade desenvolvida pelas autoras em seu trabalho de iniciação científica e projeto de extensão.

Atividade desenvolvida: análise da formação de biogás a partir de resíduos orgânicos

Para a estruturação da atividade, atentou-se que a modelagem matemática “[...] constitui uma alternativa pedagógica na qual fazemos uma abordagem, por meio da Matemática, de uma situação-problema não essencialmente matemática” (Almeida; Silva; Vertuan, 2012, p. 17). Em relação às fases de uma atividade de modelagem matemática, nos embasamos nas caracterizadas por Almeida, Silva e Vertuan (2012). Quanto aos conceitos não matemáticos temos, segundo a abordagem realizada pelas autoras, a sustentabilidade, o biogás e os resíduos.

O biogás é um tipo de combustível (gás inflamável), produzido da mistura de dióxido de carbono e metano, por meio da ação de bactérias, sendo utilizado na produção de energia elétrica e térmica. A fermentação ocorre em determinada temperatura, umidade e maciez, sendo uma solução ambientalmente responsável, na qual ocorre a transformação de passivos ambientais em ativos energéticos.

Para a coleta de dados utilizamos resíduos orgânicos de repolho, banana e feijão, todos coletados na cidade de Londrina, Paraná. Por se tratar de um assunto contemporâneo na sociedade, tem sido cada vez mais estudado. Com isso, em um contexto educacional, procuramos abordar de forma mais interativa por meio de uma atividade de modelagem.

Com relação à construção da problemática, nos fundamentamos na crescente busca por fontes alternativas de energia, ressaltando o potencial que a produção de biogás nos oferece. Sendo assim, a partir de um experimento caseiro, analisamos a quantidade de gás liberado através da decomposição anaeróbica, em que os organismos podem viver e reproduzir-se sem ar, de uma certa quantidade de resíduos orgânicos (alimentos), como: banana, feijão e repolho. Dessa forma, o problema investigado nesta atividade propõe discutir: *Qual resíduo gera maior quantidade de biogás?*

A busca de informações, com a intenção de nos inteirar sobre o assunto para o desenvolvimento da atividade, foi feita a partir da leitura de alguns artigos científicos sobre a produção de biogás e a criação de biodigestor, os quais nos possibilitaram presumir alguns acontecimentos e montar o experimento. Dentre as informações que encontramos e que se fizeram relevantes para nossa investigação foi de que o Home Biogás 2.0 gera até 600 L de biogás por dia, o que equivale a duas horas de cozimento, ou seja, de ação dos organismos decompositores; para a produção de biogás podem ser utilizados quaisquer resíduos alimentares “úmidos”, mas é preciso evitar a utilização de cascas de frutas cítricas, pois estas contêm óleo antibacteriano que reduz a eficácia, pois elimina os organismos decompositores.

Para o desenvolvimento da atividade, considerando as informações e as hipóteses mencionadas anteriormente, selecionamos os resíduos mais adequados para o nosso objetivo e

partimos para o procedimento experimental. Os materiais do procedimento experimental foram: três erlenmeyer¹ de 150 mL, três bexigas, fita isolante, balança digital, tesoura, além dos resíduos orgânicos (repolho, feijão e banana).

Inicialmente determinou-se a massa dos resíduos, sendo 100 gramas de banana, 100 gramas de feijão já cozido e 50 gramas de repolho. A quantidade de repolho foi menor, devido ao volume ocupado no erlenmeyer. Em seguida, transferimos cada quantia de resíduo orgânico para um erlenmeyer de 150 mL. Após isso, colocamos uma bexiga na boca de cada recipiente sendo vedado com fita isolante para evitar o vazamento do gás a ser produzido (Figura 2a). Por fim, reservamos os recipientes em um local com sombra e arejado e acompanhamos a formação do biogás de cada resíduo orgânico por 48 horas. Ao final desse período, o resultado da experimentação é apresentado na Figura 2b.



Figura 2 – Montagem e resultado da experimentação

Fonte: as autoras (2024)

Considerando, por hipótese, que o formato das bexigas com o biogás produzido (Figura 2b) poderia ser associado a um sólido de revolução e o volume desse sólido pode ser obtido por meio da

expressão $V(x) = \pi \int_a^b [(f(x))^2] dx$, optamos em fazer uso do software *Geogebra* para determinar a curva de regressão $f(x)$.

¹ Trata-se de um recipiente de vidro ou plástico que é utilizado em laboratórios para fazer e misturar soluções químicas, aquecer líquidos, medir volumes e armazenar líquidos e outros elementos.

Primeiramente, inserimos a foto de parte do recipiente individual, com o foco na bexiga, no *Geogebra*. Posicionamos o eixo x no meio da bexiga (Figura 3a) e plotamos vários pontos na parte superior (Figura 3b). Em seguida, fizemos uma Regressão Polinomial (Figura 3c) e encontramos qual seria a função mais adequada para representar o formato da bexiga, optamos por considerar uma função polinomial de grau 17 dada pela expressão:

$$f(x) = -0,000005232x^{17} + 0,00003304x^{16} - 0,0009531x^{15} + 0,0166x^{14} - 0,2x^{13} + 1,65x^{12} - 10,22x^{11} + 47,42x^{10} - 165,72x^9 + 435,89x^8 - 855,76x^7 + 1234,42x^6 - 1275,88x^5 + 909,43x^4 - 421,27x^3 + 115,24x^2 - 16,23x + 1,88 \quad (0 \leq x \leq 7,5).$$

Com isso, fizemos a Revolução dos Sólidos (Figura 3d). As fotos que compõem a Figura 3 são do erlenmeyer com o resíduo de repolho.

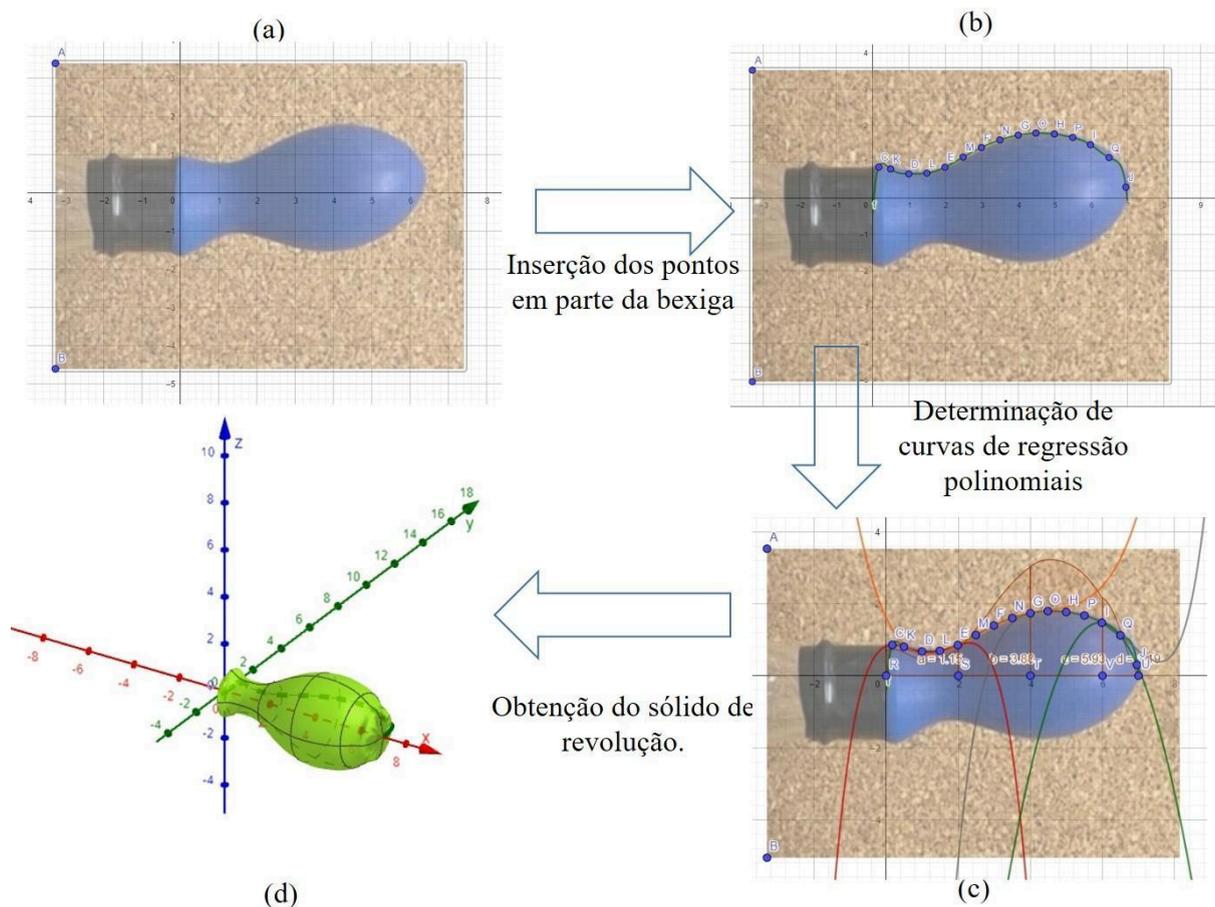


Figura 3 – Procedimentos realizados no *Geogebra* para a amostrado erlenmeyer com o resíduo de repolho

Fonte: as autoras (2024)

Os procedimentos apresentados na Figura 3 foram realizados para cada um dos outros recipientes. Para cada amostra calculamos as integrais definidas, multiplicamos por π e somamos os resultados de modo que obtivemos os volumes aproximados de biogás gerado em cada resíduo, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Volume de biogás obtido nas amostras analisadas

Resíduo	Quantidade (gramas)	Biogás no erlenmeyer (cm ³)
Banana	100	35,44
Repolho	50	34,43
Feijão	100	45,74

Fonte: as autoras (2024)

Ao observarmos os resultados apresentados na Tabela 1, podemos evidenciar que a amostragem que mais produziu biogás foi a do feijão, como também pudemos observar visualmente na Figura 2b. Há de se considerar que, proporcionalmente, o resíduo de repolho foi o que mais produziu biogás, visto que a quantidade depositada no erlenmeyer foi a metade das outras.

Em nossa investigação, pudemos realizar uma articulação entre uma atividade, até então, não matemática, mas que relacionou Química e o Meio Ambiente. Por meio da experimentação realizada, utilizamos conceitos estudados na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral de uma variável real, cujos resultados podem ser discutidos no âmbito da Engenharia Química e da Engenharia Ambiental e Sanitária, principalmente no que diz respeito à produção de energia a partir do Home Biogás. O Home Biogás é um biodigestor autônomo, que transforma restos de comida e esterco em gás de cozinha e fertilizante líquido. Dependendo da quantidade de resíduos depositada, certa quantidade de energia é gerada, ideia-base do nosso experimento.

A partir da ideia-base, já na fase Inteiração procuramos por modelos que produzem o biogás, Home Biogás, e a partir disso propomos nosso experimento, utilizando erlenmeyer e bexiga. Com a montagem e o resultado do experimento, focadas no problema *Qual resíduo gera maior quantidade de biogás?*, estabelecemos a hipótese de que cada balão com biogás poderia ser associado a um

sólido de revolução, configurando a transformação da linguagem natural para a linguagem matemática – Matematização. De posse dessa hipótese e com o auxílio do software *Geogebra*, uma expressão algébrica foi deduzida e um sólido para cada amostra foi obtido, configurando a fase de Resolução. Por meio de procedimentos matemáticos, na fase de Interpretação de Resultados e Validação, comparou-se cada modelo obtido e obteve-se a resposta para a pergunta inicial, em que o resíduo alimentar de feijão foi o que produz uma maior quantidade de biogás, seguido da banana e, por último, o repolho. Esses encaminhamentos podem ser associados a um ciclo de modelagem, como mostra a Figura 4.

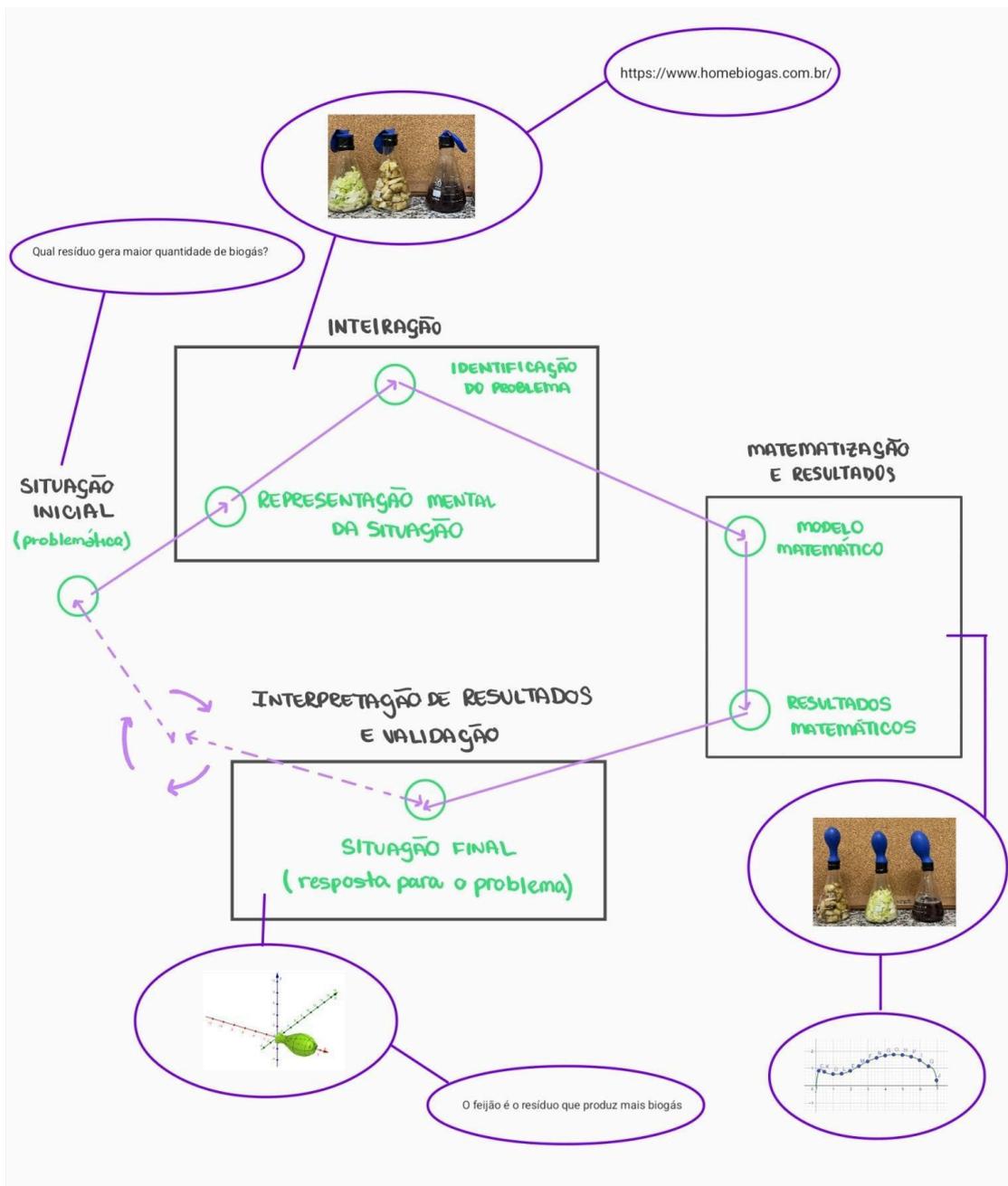


Figura 4 – Ciclo da Modelagem Matemática do experimento

Fonte: as autoras (2024)

É importante esclarecer que esse trabalho foi produzido em uma Universidade, porém a atividade pode ser feita em qualquer ambiente escolar, seja do Ensino Infantil ao Ensino Médio, mas levando em consideração os materiais e as características do ambiente necessários para sua realização. Segundo Burak (2014, p. 4): “É possível ‘compreender, pesquisar e fazer modelagem

matemática' em diferentes níveis de ensino” e nós concordamos. Todavia a abordagem pode ficar no contexto da visualização em que os alunos podem estimar qual das amostras obteve o maior volume de biogás em um mesmo período de tempo.

Nesse contexto, é importante lembrar também que a participação do professor/orientador é fundamental, acreditando-se que aparecerá alguns questionamentos a respeito do processo e da produção de resultados, tendo em vista que certos assuntos matemáticos não trabalhados naquele momento também estarão presentes. Dessa forma, a discussão, seja individual ou em grupo, é essencial, para encontrar respostas e soluções.

Considerações finais

De acordo com os dados obtidos e o relato descrito, consideramos que a modelagem matemática permite o ensino da matemática e, além disso, propicia dados para serem tratados em diversos contextos.

Em relação à atividade desenvolvida, apontamos a formação de biogás para resíduos de banana, repolho e feijão. Focamos em três resíduos alimentares diferentes para maior interação com a atividade, assim, podemos discutir *qual resíduo gera maior quantidade de biogás?* de modo a utilizar a Matemática para evidenciar a resposta do problema sugerido.

Ademais, recorrer a leituras em outras metodologias experimentais proporcionou uma discussão mais abrangente favorecendo o levantamento de hipóteses, como o modelo do Home Biogás. Como os resíduos alimentares utilizados são distintos, os modelos tornaram-se diferenciados, o que influenciou a discussão matemática para a resposta da questão proveniente desses modelos que ao serem interpretados e compreendidos, chegou-se a solução do problema inicial.

Com o intuito de dar continuidade à atividade experimental realizada pelas autoras em seus projetos de extensão e iniciação científica, intentamos repetir o procedimento para outros resíduos em diferentes proporções, mas também para diferentes recipientes, como garrafas PET, as quais são mais acessíveis para realizar tal experimento. Além disso, temos a intenção, a longo prazo, de analisar a viabilização de instalação de um Home Biogás na instituição em que a pesquisa está sendo desenvolvida, em que é possível utilizar os resíduos orgânicos do restaurante universitário para a produção de energia.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida para o desenvolvimento do trabalho.

Referências

ALMEIDA, L. M. W.; FERRUZZI, E. C. Uma Aproximação Socioepistemológica para a Modelagem Matemática. **Alexandria**, v. 2, n. 2, p. 117- 134, jul. 2009.

ALMEIDA, L. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na educação básica**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Contexto, 2012.

ARAKI, P. H. H. **Atividades experimentais investigativas em contexto de aulas com Modelagem Matemática: uma análise semiótica**. 2020. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

BASSANEZI, R. C. **Módulo IV - Modelagem como metodologia na produção de projetos de ensino**. Uberlândia: UFU, 2014.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na educação matemática e na ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BURAK, D. Modelagem matemática nos diferentes níveis de ensino: uma perspectiva. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., 2014, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: SBEM/PR, 2014.

CARRASCOSA, Jaime; PEREZ, D. Gil; VILCHES, Amparo; VALDEZ, Pablo. Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, [S.l.], v. 23, n. 2, p. 157-181, 2006.

CURY, H. N. Modelagem matemática e problemas em ciências: uma experiência de um curso de mestrado. **Revista Perspectiva**, v. 27, n. 98, p. 75-86, 2003.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**. 9. ed. Campinas: Autores Associados, 2011.

EMER, S. **Modelagem matemática aliada a experimentação no ensino de funções exponenciais**. Lajeado, jul. 2020.

HomeBiogas Brasil. Disponível em: <<https://www.homebiogas.com.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2024.

ROCHA, R. A. R. **Uma análise semiótica da comunicação em atividades de modelagem matemática com experimentação**. 2021. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

SILVA, K. A. P.; ARAKI, P. H. H.; BORSSOI, A. H. Integração STEM na Educação Básica veiculada por atividades de modelagem matemática com experimentação. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 24, p. 323-354, 2022.

SILVA, K. A. P.; DALTO, J. O.; ROCHA, R. A. R.; OLIVEIRA, A. R. Experimentação em atividades de Modelagem Matemática no Curso de Licenciatura em Química. **PNA: Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática**, v. 17, p. 137-170, 2023.

SOUZA, E. G.; ALMEIDA, L. M. W.; KLÜBER, T. E. Research on Mathematical Modelling in Mathematics Education in Brazil: Overview and Considerations. In.: RIBEIRO, A. J. et al. (Ed.). **Mathematical Education in Brazil: panorama of current**. New York: Springer, 2018, p. 211-228.