Tangram
Revista de Educação Matemática

DOI: 10.30612/tangram.v7i4.17835

Interdisciplinaridade no Ensino Médio: aplicando progressão geométrica e conjuntos *fuzzy* na intoxicação medicamentosa

Interdisciplinarity in High School: applying geometric progression and fuzzy sets in medication intoxication

Interdisciplinariedad en la Escuela Secundaria: aplicando progresión geométrica y conjuntos difusos en la intoxicación por drogas

Graciela Nunes da Silva
Programa de Pós – Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional/ Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil
E-mail: eearg.peb.matematica.graciela@gmail.com
https//: orcid.org/0009 – 0007 – 0422 – 9805

Rosana Sueli da Motta Jafelice
Faculdade de Matemática, Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil
E-mail: rmotta@ufu.br
https://orcid.org/0000-0001-8489-3974

Virgínia Cunha da Silva
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil
E-mail: virginia.cunha@educacao.mg.gov.br
https://orcid.org/0009-0003-6061-9251

Marcelo Melazzo Rodrigues
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil
E-mail: marcelo.melazzo@ufu.br
https://orcid.org/0000-0003-4156-5393

Resumo: O objetivo do trabalho é propor uma sequência didática para introduzir o conceito de Progressão Geométrica (PG) via modelagem matemática, teoria dos conjuntos *fuzzy* e reação de neutralização de substâncias químicas, a partir de uma atividade interdisciplinar. A modelagem matemática utilizada para motivar o ensino da PG é a intoxicação por medicamentos. O conceito da lógica *fuzzy* é abordado previamente para uma melhor compreensão entre as lógicas *clássica e fuzzy. Um Sistema Baseado em Regras Fuzzy (SBRF),* utilizando o *software* livre *Fuzzy Inference System Professional (*FisPro), é construído prevendo possíveis riscos de intoxicação. Em um protótipo que representa o organismo humano são inseridos dados das variáveis de entrada, quantidade de medicamento e velocidade de eliminação do fármaco, e a variável de saída, risco de intoxicação, é obtida. A programação computacional é realizada via plataforma Arduino. O potencial risco de intoxicação é indicado por luzes coloridas inseridas no abdômen do protótipo, variando entre as cores verde, amarelo e vermelho, dependendo do valor de saída do SBRF. Essa sequência didática foi aplicada com estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola pública. A análise do aprendizado foi realizada de forma quantitativa a partir de um jogo interativo utilizando a plataforma Kahoot, obtendo resultados relevantes. É importante salientar que essa abordagem de ensino apresenta uma nova teoria aos estudantes do ensino médio, analisando fenômenos imprecisos a partir de um tema contemporâneo transversal, mediante as tecnologias digitais.

Palavras-chave: Conjuntos *fuzzy*. Meia-vida. Tecnologia digital.

Abstract: The aim of this work is to propose a didactic sequence to introduce the concept of Geometric Progression (GP) via mathematical modeling, *fuzzy* set theory and a neutralization reaction of chemical substances, based on an interdisciplinary activity. The mathematical model used to motivate the teaching of GP is drug intoxication. The concept of *fuzzy* logic is discussed previously for a better understanding between classical and *fuzzy* logic. A *Fuzzy* Rule-Based System (FRBS), using the free software livre Fuzzy Inference System Professional (FisPro), is built to foresee possible risks of intoxication. In a prototype that represents the human organism, data are inserted for the input variables, amount of medication and drug elimination speed, and the output variable, risk of intoxication, is obtained. Computational programming is performed via the Arduino platform. The potential risk of intoxication is indicated by colored lights inserted in the abdomen of the prototype, varying between green, yellow, and red, depending on the output value of the FRBS. This didactic sequence was applied with second-year high school students at a public school. The learning analysis was carried out quantitatively from an interactive game using the Kahoot platform, obtaining relevant results. It is important to point out that this teaching approach presents a new theory to high school students, analyzing inaccurate phenomena from a contemporary transversal theme through digital technologies.

Keywords: *Fuzzy* sets. Half-life. Digital technology.

Resumen: El objetivo del trabajo es proponer una secuencia didáctica para introducir el concepto de Progresión Geométrica (PG) a través de modelamiento matemático, teoría de conjuntos difusos y reacción de neutralización de sustancias químicas, basado en una actividad interdisciplinaria. El modelo matemático utilizado para motivar la enseñanza del PG es la intoxicación por drogas. El concepto de lógica difusa se discute previamente para una mejor comprensión entre la lógica clásica y la lógica difusa. Se ha creado un sistema basado en reglas difusas (SBRF), que utiliza el *software* gratuito livre *Fuzzy Inference System Professional* (FisPro), para predecir posibles riesgos de intoxicación. En un prototipo que representa el organismo humano se insertan datos sobre las variables de entrada, cantidad de medicación y velocidad de eliminación del fármaco, y se obtiene la variable de salida, riesgo de intoxicación. La programación computacional se realiza a través de la plataforma Arduino. El riesgo potencial de envenenamiento se indica mediante luces de colores insertadas en el abdomen del

prototipo, que varían entre verde, amarillo y rojo, según el valor de salida del SBRF. Esta secuencia didáctica se aplicó a estudiantes de segundo año de secundaria de una escuela pública. El análisis del aprendizaje se realizó de forma cuantitativa mediante un juego interactivo utilizando la plataforma Kahoot, obteniendo resultados relevantes. Es importante resaltar que este enfoque de enseñanza presenta una nueva teoría a los estudiantes de secundaria, analizando fenómenos imprecisos a partir de una temática contemporánea transversal, utilizando tecnologías digitales.

Palabras clave: Conjuntos difusos. Media vida. Tecnología digital.

Recebido em
22/07/2024
Aceito em
27/10/2024

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), desenvolvida e aprovada para todas as etapas de ensino e a proposta de um Novo Ensino Médio com a inserção dos Itinerários Formativos, tem proporcionado mudanças estruturais nos anos finais da educação básica do país. Tais mudanças estão direcionadas a um novo público de estudantes que lidam com os avanços tecnológicos, o acesso à internet e a velocidade das informações, contribuindo para uma reestruturação direcionada a esse novo perfil. Diante de tais mudanças estruturais no processo de ensino e aprendizagem é preciso repensar as abordagens pedagógicas utilizadas para tornar a matemática algo interessante e relevante, principalmente para que os estudantes participem na construção e consolidação de seus conhecimentos. Dessa forma, a modelagem matemática é utilizada neste trabalho como uma importante alternativa pedagógica, pois propõe atividades em que os estudantes transformam problemas reais em situações matemáticas, observando a aplicação dos resultados em seu cotidiano e participando ativamente em seu processo formativo. Segundo Bassanezi (2002), a Modelagem Matemática consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual. A Modelagem Matemática consiste em cinco etapas (Bassanezi, 2022):

1. Experimentação – atividade em que se processa a coleta de dados (informações);

2. Abstração – nessa fase desenvolvem-se os modelos matemáticos;

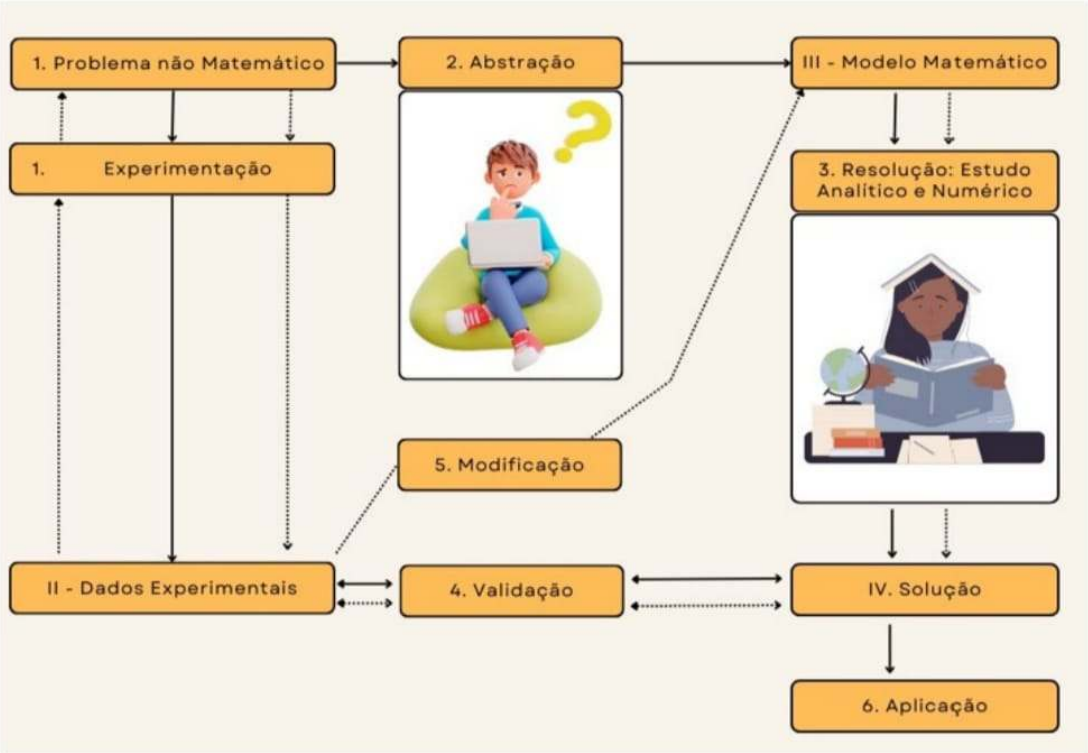
3. Resolução – obtenção do modelo matemático ao substituir a linguagem natural das hipóteses, para a linguagem matemática;

4. Validação – fase em que o modelo proposto poderá ser aprovado ou não, dependendo da sua proximidade dos resultados com valores obtidos com dados reais;

5. Modificação – reformulação do modelo devido a incompatibilidades com a realidade.

Uma melhor compreensão da atividade de Modelagem Matemática pode ser feita a partir da Figura 1 em que há uma aproximação da situação-problema representada pelas setas contínuas e as setas pontilhadas demonstram a busca por um modelo que melhor descreva o problema estudado (Bassanezi, 2002).

Figura 1. Estrutura de uma Modelagem Matemática



Fonte: Bassanezi (2002. Adaptado).

Deve-se atentar que, para que ocorra inovações das abordagens pedagógicas tal como a Modelagem Matemática é necessário que haja o planejamento entre as áreas. A partir de um diálogo entre as disciplinas, temas e projetos devem ser definidos, levando em consideração o contexto, as particularidades, os conhecimentos prévios

e o interesse dos estudantes. Dessa forma, os Temas Contemporâneos Transversais (TCT), propõem temáticas ideais para o aprendizado, pois facilitam projetos interdisciplinares além de conectar e complementar as diversas áreas do conhecimento (Brasil, 2019). Proporcionando a construção de um conhecimento integrado, possibilitando uma oportunidade essencial para o processo formativo dos estudantes. Neste trabalho os componentes curriculares Matemática e suas tecnologias e Ciências da Natureza e suas tecnologias dialogam entre si, a partir do TCT saúde.

No dia a dia é comum observar diversos fenômenos imprecisos, especialmente em áreas que envolvem a saúde como na Biomedicina, Bioengenharia e outras. Compreender como funcionam esses fenômenos, assim como as possibilidades de intervenção, contribui em muito nas escolhas e tomadas de decisão frente a realidade na qual o homem se insere. A automedicação é um hábito muito comum entre os brasileiros. Por vezes, em busca do alívio rápido para sintomas como dores de cabeça, musculares ou mal-estar, é comum que as pessoas recorram aos Medicamentos Isentos de Prescrição[1]. Porém, a automedicação oferece inúmeros riscos tais como, intoxicações, reações alérgicas e interações medicamentosas, muitas vezes desconhecidos pela população[2]. A ONU News reporta que segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), o uso excessivo, limitado ou impróprio de remédios afeta a saúde das pessoas e gasta recursos (ONU News, 2010).

Em relação à metodologia utilizada, são apresentados alguns conceitos da teoria dos conjuntos *fuzzy*, também chamado de conjuntos difusos, desenvolvida por volta de 1960 por Lofti Zadeh (Zadeh, 1965). A intenção de Zadeh foi a de significar termos linguísticos subjetivos como “aproximadamente”, “em torno de”. De acordo com a pesquisa realizada por Borges, Jafelice, Rodrigues e Pereira (2022) a lógica *fuzzy* desenvolve o pensamento de uma nova habilidade para os estudantes do ensino

[1] https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2022/05/10/aumenta-numero-de-brasileiros-que-se-automedicam-e-buscam-informacoes-sobre-remedios-na-internet-diz-pesquisa.ghtml
[2] https://www.pfizer.com.br/noticias/ultimas-noticias/os-riscos-da-automedicacao

médio e, quando aliada a materiais concretos, torna esse aprendizado significativo e realista. Conforme Silva (2024), a lógica *fuzzy* se relaciona diretamente ao pensamento computacional, bem como a outras habilidades cognitivas.

O objetivo deste trabalho é propor uma sequência didática para introduzir o conceito de progressão geométrica (PG) via modelagem matemática, teoria dos conjuntos *fuzzy* e neutralização de substâncias, um tópico importante relacionado com medicação. Cabe ressaltar que, ainda de acordo com a BNCC (Brasil, 2018), o tema Contemporâneo Transversal saúde foi abordado nesta proposta de ensino com o objetivo de tratar no ambiente escolar conhecimentos inerentes à valorização da saúde e da vida, de forma contextual e integral para a formação dos estudantes.

> Cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas, em suas respectivas esferas de autonomia e competência, incorporar aos currículos e às propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora (Brasil, 2018, p.19).

De fato, para a motivação do ensino da PG é realizada a modelagem matemática da intoxicação por medicamentos. Assim, foi também utilizada a reação de neutralização entre substâncias com potencial hidrogeniônico (pH) diferentes para simular a intoxicação medicamentosa no organismo humano mediante a mudança de cores, a partir de um indicador ácido-base.

DESENVOLVIMENTO

O trabalho está fundamentado no pensamento computacional que, de acordo com a definição da autora Wing (*apud* Anjos, 2006, p.4) é “uma forma para seres humanos resolverem problemas; não é tentar fazer com que seres humanos pensem como computadores. Computadores são tediosos e enfadonhos; humanos são espertos e imaginativos”. Utilizando a abordagem do pensamento computacional combinado à modelagem matemática espera-se contribuir para o desenvolvimento de habilidades

importantes como a criatividade, a autonomia e o pensamento lógico. Durante a elaboração do trabalho uma questão foi levantada:

- Como desenvolver e aplicar uma sequência didática via PG, sobre medicamentos no ensino médio, utilizando a lógica *fuzzy*?

O estudo da progressão geométrica foi abordado de forma realista e interdisciplinar para que os estudantes entendessem a aplicabilidade do conceito em uma situação cotidiana. Dessa forma, a utilização do pensamento computacional aliado à modelagem matemática e a lógica fuzzy foi fundamental para compreensão da intoxicação medicamentosa pelo organismo humano, proporcionando uma aprendizagem significativa.

MATERIAIS UTILIZADOS E METODOLOGIA

A Tabela 1 do modelo fictício em estudo foi construída a fim de demonstrar o comportamento dos medicamentos no organismo. A partir desta tabela foi introduzido o conceito de meia-vida de um medicamento, ou seja, o intervalo de tempo em que a concentração do medicamento se reduz à metade no plasma sanguíneo, assim como o processo de decaimento relacionando-o ao conceito de sequência.

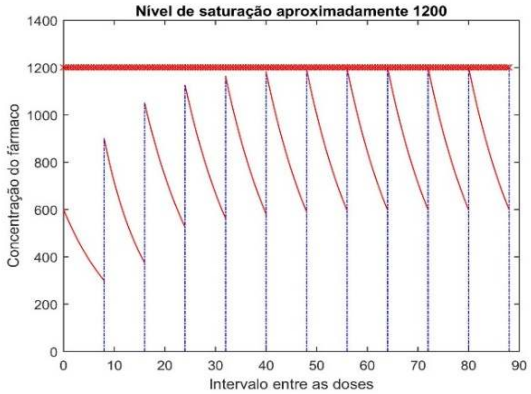
Tabela 1 Acúmulo residual do medicamento

	Número de meias – vidas decorridas a partir da primeira dose									
Dose	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1ª	600	300	150	75	37,5	18,75	9,375	4,6875	2,34375	1,171875
2ª		600	300	150	75	37,5	18,75	9,375	4,6875	2,34375
3ª			600	300	150	75	37,5	18,75	9,375	4,6875
4ª				600	300	150	75	37,5	18,75	9,375
5ª					600	300	150	75	37,5	18,75
6ª						600	300	150	75	37,5
7ª							600	300	150	75
8ª								600	300	150
9ª									600	300
10ª										600
Total em mg	600	900	1050	1125	1162,5	1181,25	1190,625	1195,3125	1197,65625	1198,828125

Fonte: Elaborado pela autora com dados fictícios. Adaptado de Dante (2017).

Dessa forma, denomina-se que m é a quantidade de medicamento que permanece no organismo a partir da 1ª dose à medida que o número de meias-vidas ocorrem e observa-se que: m (0) = 600, m (1) = $\frac{1}{2}$ m(0) =$\left(\frac{1}{2}\right)^1$m(0), m (2) = $\frac{1}{2}$ m(1) = $\frac{1}{2}$= $\left(\frac{1}{2}\right)^2$m(0) e assim sucessivamente. Os estudantes notaram que o número que sempre está sendo elevado a potências diferentes é $\frac{1}{2}$. Em seguida, as expressões matemáticas foram escritas da seguinte forma: a_1 = m(0), a_2 =$a_1\left(\frac{1}{2}\right)^1$, a_3 =$a_1\left(\frac{1}{2}\right)^2$, ..., a_{10} =$a_1\left(\frac{1}{2}\right)^9$. Assim, a expressão permite a generalização do termo geral da PG, a_n =$a_1 q^{n-1}$ com n ≥ 1, em que: n é o número de termos, a_1é o primeiro termo e q é a razão da PG. Também, a partir da Tabela 1 foi possível introduzir a soma da PG, considerando que T é o total em miligramas da quantidade de medicamento que permanece no organismo a partir da 1ª dose, à medida que ocorre o número de meias-vidas. Este valor é a soma dos valores das colunas da Tabela 1. Desta forma, somando os termos a_n , $n = 1, \ldots, 10$; tem-se: T(9)= $a_1\left[1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \ldots + \frac{1}{2^9}\right]$. E determinou-se a expressão matemática da soma de n termos $S_n = 600.\ \frac{\left(1-\left(\frac{1}{2}\right)^n\right)}{1-\frac{1}{2}}$. Na sequência, foi proposto aos estudantes que calculassem a somatória residual S_{10} e S_{11}, ficando os valores próximos de 1200mg. Em Bassanezi e Ferreira (1998) é apresentada uma expressão matemática que calcula o nível de saturação máxima no organismo e indica a concentração máxima de fármaco suportada pelo organismo, neste caso 1200mg. A Figura 2 apresenta as curvas de concentração do fármaco e o nível de saturação.

Figura 2. Curvas de saturação e níveis de saturação



Fonte: Autora (2022). Adaptado (Bassanezi & Ferreira, 1998).

Para simular a intoxicação pelo fármaco no organismo foi realizado um experimento químico interdisciplinar com a colaboração de uma professora de química conforme podemos observar nas Figuras 3 e 4.

Figura 3. Atividade interdisciplinar – experimento químico



Fonte: Acervo da autora.

Figura 4. Atividade interdisciplinar – experimento químico



Fonte: Acervo da autora.

Para tanto, utilizou-se o conceito de neutralização, isto é, a reação em que um ácido e uma base neutralizam suas propriedades (Feltre, 2004). A professora colaboradora apresentou os reagentes e materiais que seriam utilizados. Em uma proveta mede-se 5 ml de amônia, colocando-a dentro do Becker; com a pipeta graduada acrescenta-se 1 ml de fenolftaleína à amônia obtendo uma coloração rosa. Analogamente ao modelo farmacocinético em estudo, a professora explica que a cor observada representava a administração da primeira dose do medicamento. Na sequência, 4 ml de vinagre foram acrescentados aos poucos à solução, clareando-a gradativamente devido à reação de neutralização. Esse processo representa o decaimento da concentração do medicamento no plasma sanguíneo, a meia-vida. O tom rosa embora um pouco mais claro, não clareou totalmente, pois foram adicionados apenas 4 ml de vinagre à solução. Em seguida, acrescentando-se novamente 1 ml de fenolftaleína à amônia a solução retomou a coloração observada

no início do experimento, representando a 2ª dose do medicamento. Posteriormente, simula-se o decaimento e, na terceira vez em que a fenolftaleína foi acrescentada, uma tonalidade de rosa mais forte foi observada, indicando o nível máximo de saturação que poderia levar à intoxicação. Com o intuito de modelar a intoxicação do organismo humano um protótipo construído e para o funcionamento desenvolveu-se um SBRF de acordo com o modelo farmacocinético em estudo baseado em Lopes e Jafelice (2005). A seguir são apresentados os conceitos relacionados à teoria dos conjuntos *fuzzy*, sendo uma extensão da teoria clássica dos conjuntos.

Um conjunto *fuzzy* F do universo U é caracterizado por uma função de pertinência: $u_F : U \rightarrow [0,1]$. Os valores $u_F(x) = 1$ e $u_F(x) = 0$ indicam, no primeiro caso, a pertinência completa do elemento x ao conjunto F. No segundo caso, o elemento x não pertence ao conjunto. Um conjunto *fuzzy* A pode ser identificado como um conjunto clássico de pares ordenados assim representado: $A = \{(x, u_F(x)) \mid x \in U\}$. Outro conceito utilizado é o SBRF que contém quatro componentes (Figura 5): a fuzzificação em que as entradas do sistema são expressas por conjuntos *fuzzy* em seus respectivos domínios; uma coleção de regras *fuzzy* chamada base de regras é composta por várias proposições *fuzzy* do tipo se...então....; o método de inferência *fuzzy* utilizado neste trabalho é o de Mamdani, enquanto a defuzzificação fornece um número real como saída (Jafelice, Barros, & Bassanezi, 2023).

Figura 5. Esquema do Sistema Baseado em Regras *Fuzzy*



Fonte: Adaptado de Jafelice, Barros e Bassanezi (2023).

No modelo em estudo as variáveis linguísticas de entrada são: a quantidade de medicamento e a velocidade de eliminação do fármaco no organismo do indivíduo e a variável de saída é o risco de intoxicação. O valor 0,03 é considerado no modelo a menor velocidade de eliminação de um indivíduo e o valor 0,0866, o maior. Segundo Bassanezi e Ferreira (1988) a constante de eliminação (k) do fármaco, considerando apenas a eliminação pelo sistema renal, é dada por: k = 0,693/$t_{\frac{1}{2}}$ em que $t_{\frac{1}{2}}$ é o tempo de meia-vida do fármaco.

No modelo proposto a meia-vida é de 8 horas, dessa forma pode-se afirmar que: k = 0,693/8 ou seja: k = 0, 0866. A variável “quantidade de medicamento” possui um domínio de 0 a 3000 mg e a variável “velocidade de eliminação” possui um domínio de 0,03 a 0,0866. Os termos linguísticos das variáveis de entrada “quantidade de medicamento” são baixa, média e alta e da “velocidade de eliminação” muito baixa, baixa e normal (Lopes & Jafelice, 2005). O domínio da variável de saída risco de eliminação está entre 0 e 1. Os termos linguísticos do risco de intoxicação são baixo, médio e alto.

As regras *fuzzy* são construídas baseadas no modelo em estudo, apresentadas no Tabela 2. Como exemplo de uma regra *fuzzy*, conforme exposto na Tabela 2, tem-se:

- Se a quantidade de medicamento é baixa e a velocidade de eliminação é baixa o risco de intoxicação é médio.

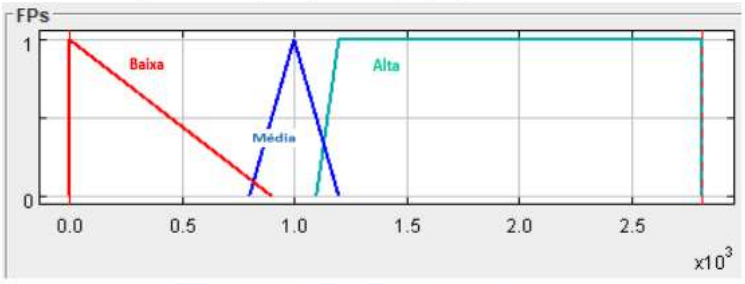
Tabela 2. Base de Regras *Fuzzy.*

Quantidade de Medicamento/ Velocidade	Baixa	Média	Alta
Muito Baixa	Médio	Alto	Alto
Baixa	Médio	Médio	Alto
Normal	Baixo	Médio	Alto

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

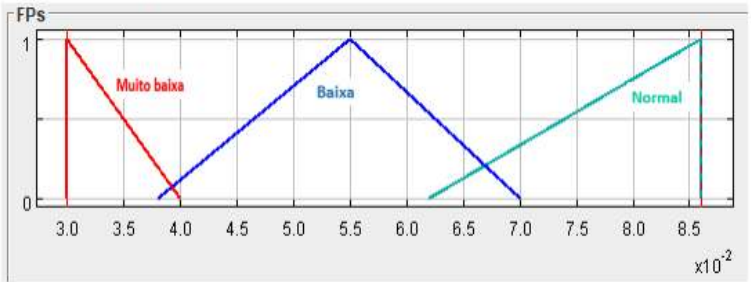
Utilizando-se o software FisPro[3], possibilita a criação de sistema de inferência, os estudantes construíram os gráficos das funções de pertinência das variáveis linguísticas de entrada (Figuras 6 e 7) e das funções de pertinência da saída (Figura 8). Introduzindo k = 0,07 e quantidade de medicamento 1124,8 no SBRF tem-se o risco de intoxicação é 0,638.

Figura 6. Funções de pertinência (FPs) da quantidade de medicamento



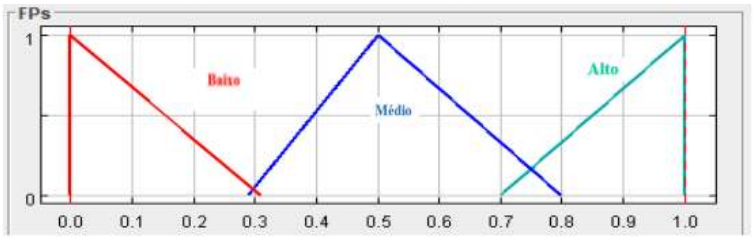
Fonte: Elaborado pela autora utilizando o software FisPro.

Figura 7. Funções de pertinência (FPs) da velocidade de eliminação



Fonte: Elaborado pela autora utilizando o software FisPro.

Figura 8. Funções de pertinência (FPs) do risco de intoxicação



Fonte: Elaborado pela autora utilizando o software FisPro.

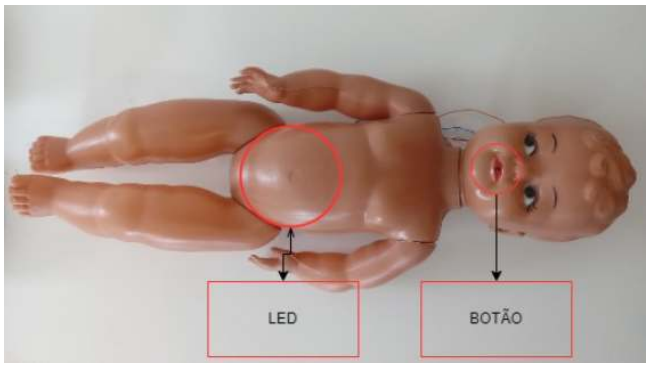
[3] Disponível em https://www.fispro.org/en/

Um protótipo do organismo humano é construído para que sejam feitas simulações de intoxicação no organismo humano, representado por um boneco. Neste protótipo é utilizada a programação escrita em linguagem C++, em uma placa eletrônica ESP8266, por meio de uma biblioteca *fuzzy* (Alves, 2012). Para simular um possível risco de intoxicação é instalado no abdômen do boneco um ponto de luz led por meio de um suporte. A luz é acionada representando sinais de alerta ao piscar e variar as cores conforme ilustrado na Figura 9. As cores no abdômen do protótipo estão programadas da seguinte forma:

- Se o risco está entre [0; 0,3), então a luz verde acende;
- Se o risco está entre [0,3; 0,8), então a luz amarela acende;
- Se o risco está entre [0,8; 1], então a luz vermelha acende.

A Figura 9 mostra a posição da luz led no abdômen e o botão instalado na boca do boneco.

Figura 9. Luz de led posicionada no abdômen do protótipo e sensor de entrada posicionado na boca do protótipo



Fonte: Acervo da autora (2022).

Para que haja a interface de controle e monitoramento do risco de intoxicação é utilizada a plataforma Blynk, desenvolvida para praticar a Internet das Coisas (Internet

of Things – IoT)[4] por meio de dispositivos móveis, por isso foi solicitado que os estudantes instalassem o aplicativo da plataforma Blynk em seus smartphones. O Wi-Fi presente na placa ESP 8266 possibilita a interação dos estudantes com o modelo por meio do SBRF. Em seguida, os estudantes inseriram os valores das variáveis de entrada do SBRF: quantidade de medicamento e velocidade de eliminação. A quantidade de doses administradas é captada a partir do toque. A seguir a sequência didática é apresentada para melhor compreensão do ensino da PG.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1ª Aula – Temática Motivacional

Conteúdos abordados: Risco de Intoxicação medicamentosa.

Descrição das atividades realizadas: Com o objetivo de motivar os estudantes para o estudo da modelagem fuzzy do risco de intoxicação medicamentosa inicialmente apresentou-se o vídeo[5] em que esse assunto é abordado. Em seguida, foi trabalhada uma tabela de dados referentes a registros de casos de intoxicação humana no Brasil, informados pelo Ministério da Saúde /Sinitox (Sistema Nacional de Informações -Farmacológica)[6]. A intenção foi instigar os estudantes sobre a importância dessa temática, bem como construir um modelo que represente um fato real.

2ª Aula – Criação de ebook

Conteúdos abordados: Conceitos e termos técnicos de bulas de medicamentos.

Descrição das atividades realizadas: Nesta etapa propôs-se um trabalho de pesquisa no laboratório de informática e foi solicitado aos estudantes pesquisas na internet a fim de conceituar os termos técnicos encontrados em bulas de

[4] (https://blynk.io/)
[5] https://www.youtube.com/watch?v=DfcLZXFkqOU&ab_channel=CanalSa%C3%BAdeOficial
[6] https://sinitox.icict.fiocruz.br/sites/sinitox.icict.fiocruz.br/files//Brasil9_1.pdf

medicamentos. A partir das pesquisas realizadas cada grupo construiu um ebook (dicionário digital), relacionado à temática proposta; os estudantes utilizaram as ferramentas *Google*. Apresentações para a criação do *eBook* e a plataforma *Classroom* para entrega da atividade.

3ª Aula – Progressão Geométrica

Conteúdos abordados: Conceito de meia-vida dos medicamentos; sequência numérica; recorrência; termo geral da PG.

Descrição das atividades realizadas: Inicialmente abordou-se o conceito de meia-vida para que os estudantes entendessem o processo de decaimento. Para isso, foram explorados os conhecimentos empíricos relacionados ao conceito de sequência numérica. A partir daí, apresentou-se aos estudantes o modelo em estudo representado por uma tabela com um exemplo hipotético de um fármaco com as dosagens, o processo de decaimento e o acúmulo de resíduos. A fórmula do termo geral da PG é generalizada a partir da sequência numérica do modelo em estudo.

4ª Aula – Soma da Progressão Geométrica

Conteúdos abordados: Conceito soma da PG.

Descrição das atividades realizadas: Nesta atividade o objetivo foi que os estudantes entendessem de forma intuitiva o conceito da soma de uma PG, por isso construíram algebricamente um esquema de compartilhamento de informações (Fake News) e no final descobriram a soma total das quantidades de vezes em que a notícia é compartilhada.

5ª Aula – Soma da Progressão Geométrica

Conteúdos abordados: Conceito soma da PG.

Descrição das atividades realizadas: Para que os estudantes fizessem associações entre o exemplo da 4ª aula e a soma residual dos medicamentos fez-se a retomada da explicação do acúmulo residual do medicamento no organismo, assim

compreenderam como encontrar o acúmulo residual do medicamento no organismo ao final do tratamento utilizando a fórmula da soma da PG.

6ª Aula – Soma da Progressão Geométrica

Conteúdos abordados: Risco de intoxicação; superdosagem; soma da PG.

Descrição das atividades realizadas

Para que os estudantes associassem o exemplo da 4ª aula e a soma residual dos medicamentos foi explicado sobre o acúmulo residual do medicamento no organismo, logo perceberam como encontrar o acúmulo residual do medicamento no organismo ao final do tratamento utilizando a fórmula da soma da PG.

7ª Aula – Simulação do risco de intoxicação

Conteúdos abordados: Risco de intoxicação; superdosagem; reação de neutralização.

Descrição das atividades realizadas: Esta é uma atividade interdisciplinar entre a Matemática e a Química. A partir de um experimento químico, os estudantes observaram a simulação da intoxicação medicamentosa, sendo para isso utilizadas substâncias que produzem cores.

8ª Aula – Conjuntos numéricos e operações entre conjuntos

Conteúdos abordados: Relações de pertinência; relações de inclusão; tipos de conjuntos: Operações com conjuntos: união, interseção, diferença e suas associações ao estudo do sistema dos grupos sanguíneos ABO e suas incompatibilidades.

Descrição das atividades realizadas: O objetivo dessa aula foi revisar com os estudantes sobre conjuntos para que entendessem o conceito, bem como identificá-lo e representá-lo estabelecendo relações de pertinência e contingência entre os conjuntos e seus elementos. Inicialmente, feitas proposições provenientes do contexto dos próprios estudantes, associando a ideia de conjuntos a coleções, pois entre os estudantes existem vários colecionadores. Em seguida, articulou -se esse conceito ao

estudo do sistema de grupos sanguíneos (ABO). A compreensão dos conjuntos clássicos é fundamental para a continuidade do estudo do modelo relacionado a sequências e a PG, assim como a teoria dos conjuntos *fuzzy* que fora iniciada na aula seguinte.

9ª aula – Conjuntos *fuzzy*

Conteúdos abordados: Lógica clássica; lógica *fuzzy*; conjuntos *fuzzy;* grau de pertinência.

Descrição das atividades realizadas: Nesta aula trabalhou-se com os estudantes a definição de conjuntos *fuzzy* de início, foi relembrada a função de pertinência característica dos conjuntos clássicos. Em seguida, para uma exemplificação dos conjuntos *fuzzy*, foi lançada uma questão e percebeu-se que os estudantes tiveram divergentes opiniões e começaram a entender que em determinadas situações as questões de pertinência podem não ser tão claras. Nota-se também que quanto mais próximo dos extremos de intervalos entre 0 e 1, maior a dificuldade em afirmar a pertinência a determinado conjunto. Assim, no modelo apresentado observou-se que a velocidade de eliminação k e a quantidade de medicamento são parâmetros importantes para a análise dos riscos de intoxicação analisado a partir da pertinência dos indivíduos a determinados conjuntos.

10ª Aula – Sistema baseados em Regras *Fuzzy* (SBRF)

Conteúdos abordados: Grau de pertinência; variáveis linguísticas; SBRF; fuzzificação; inferência; defuzzificação.

Descrição das atividades realizadas: O objetivo desta atividade foi justamente orientar os estudantes nas possíveis dúvidas sobre o SBRF do modelo em estudo, bem como na construção de gráficos das funções de pertinência das variáveis linguísticas de entrada e saída, analisando os possíveis riscos de intoxicação. Nesta etapa, o intuito foi que compreendessem como são definidas as funções de

pertinência (fuzzificação), bem como a análise simultânea das regras *fuzzy* e o resultado (defuzzificação).

11ª Aula – Apresentação do protótipo

Conteúdos abordados: Grau de pertinência; variáveis linguísticas; SBRF; fuzzificação; inferência; defuzzificação.

Descrição das atividades realizadas: Nesta aula optou-se por uma proposta lúdica em que os estudantes tiveram a oportunidade de manipular um protótipo desenvolvido por um engenheiro para simular a intoxicação medicamentosa de um organismo humano. Foram utilizadas as plataformas Arduíno e Blynk, sendo possível prever o potencial risco de intoxicação por meio da saída do SBRF.

12ª Aula – Avaliação da Aprendizagem

Conteúdos abordados: Grau de pertinência; variáveis linguísticas; SBRF; fuzzificação; inferência; defuzzificação.

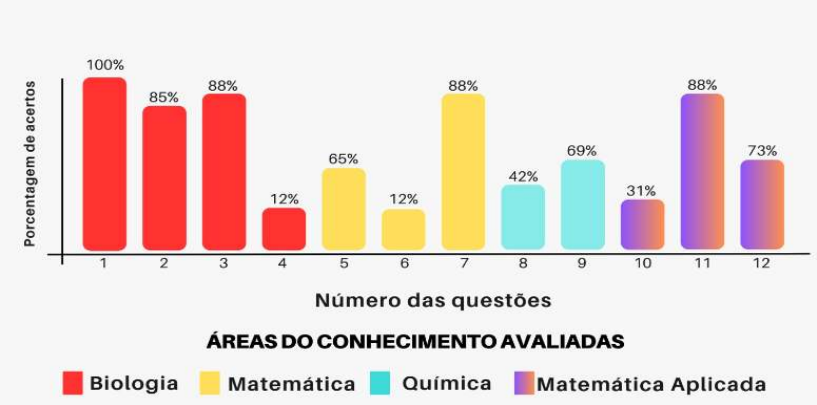
Descrição das atividades realizadas: Esta aula tem como objetivo avaliar o aprendizado dos estudantes a partir de uma ferramenta tecnológica, um jogo de ensino interativo no formato quiz com perguntas e respostas. Utilizou-se o aplicativo livre *Kahoot*, no modo ao vivo, individual e com um tempo definido para as perguntas e respostas. Os estudantes utilizaram os computadores disponíveis na sala de informática.

RESULTADOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esta sequência didática foi desenvolvida de acordo com o plano de curso do Currículo Referência de Minas Gerais, com 26 estudantes do segundo ano do ensino médio em uma escola pública estadual na cidade de Uberlândia – Minas Gerais, no ano de 2022. O conteúdo programático comtempla o 1º Bimestre, bem como a metodologia sugerida para o eixo temático “Funções elementares e Modelagem” do componente curricular matemática do 2º ano do ensino médio Currículo Referência

Minas Gerias - Currículo Referência Ensino Médio[7]. A partir de um jogo de aprendizagem em formato de perguntas e respostas realizado na plataforma Kahoot foram propostas questões das seguintes áreas do conhecimento: Biologia, Matemática, Química e Matemática Aplicada. A Figura 10 demonstra os resultados obtidos com a avaliação da aprendizagem dos estudantes. A porcentagem de acertos de todas as questões foi 62,82% e os estudantes comentaram que o tempo de aplicação precisava ser maior, todavia acredita-se que os resultados foram satisfatórios.

Figura 10. Resultado da avaliação de aprendizagem dos estudantes



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da sequência didática aplicada possibilitou aos estudantes uma considerável interação com as ferramentas metodológicas utilizadas. As tecnologias digitais de informação e comunicação bem como a temática motivacional pareceram auxiliar o aprendizado, tornando a resolução de problemas em algo lúdico e, ao mesmo tempo, desafiadora para os estudantes. A avaliação aconteceu de forma qualitativa e quantitativa, de acordo com dados da realidade, avaliando os estudantes de forma integral em todas as etapas da sequência. O trabalho foi realizado levando

[7] (educacao.mg.gov.br)

em consideração não apenas o desenvolvimento de aspectos cognitivos, mas também a criatividade, a participação, a colaboração e a autonomia. Dessa forma, a avaliação apresentou resultados positivos no estudo de progressão geométrica e conjuntos fuzzy, agregando novos conceitos ao currículo referência do ensino médio, abordado a partir de um tema transversal. Acredita-se que por meio da sequência didática proposta os questionamentos iniciais quanto ao aprendizado dos estudantes foram respondidos e despertaram motivação interdisciplinar, associando um problema de saúde à matemática e à química.

REFERÊNCIAS

Alves, A. J. (2012, setembro). *Uma biblioteca Fuzzy para Arduino e sistemas embarcados*. Blog ZeRoKoL. Recuperado de https://blog.zerokol.com/2012/09/arduinofuzzy-uma-biblioteca-fuzzy-para.html

Anjos, C. S. (2016, maio-agosto). Pensamento computacional – um conjunto de atitudes e habilidades que todos, não só cientistas da computação, ficaram ansiosos para aprender a usar. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia,* *9*(2), 1-10. Recuperado de https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/4711

Bassanezi, R., & Ferreira, W. (1988). *Equações diferenciais com aplicações*. Editora Harbra.

Bassanezi, R. C. (2002). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. Contexto.

Blynk. (2024). *Plataforma on-line*. Recuperado de https://blynk.io/

Borges, A. S., Jafelice, R. S. M., Rodrigues, M. M., & Pereira, C. E. (2022). Modelagem matemática e tecnologias digitais na aprendizagem da teoria dos conjuntos fuzzy no ensino médio. *Revista Eixo, 11*, 66-76.

Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Ministério da Educação. Recuperado de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/

Brasil. (2019). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Recuperado de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/contextualizacao_temas_contemporaneos.pdf

Currículo Referência de Minas Gerais. (2022). *Planos de curso CRMG*. Recuperado de https://educacao.mg.gov.br/ Currículo-Referência-Minas-Gerais

Dante, L. R. (2017). *Matemática: Contexto & aplicações. Matemática. Ensino médio* (3. ed.). Editora Ática.

Feltre, R. (2004). *Química: Ensino médio* (Vol. 1, 6. ed.). Editora Moderna.

Jafelice, R. S. M., Barros, L. C., & Bassanezi, R. C. (2023). *Teoria dos conjuntos fuzzy com aplicações* (Notas em Matemática Aplicada; Vol. 17, 3. ed.). SBMAC.

Lopes, W. A., & Jafelice, R. S. M. (2005). Fuzzy modeling in the elimination of drugs. In *Proceedings of the 2005 International Symposium on Mathematical and Computational Biology* (pp. 339-355). E-papers Serviços Editoriais Ltda.

ONU News. (2010). Uso indevido de medicamentos afeta saúde das pessoas, diz OMS. Recuperado de https://news.un.org/pt/story/2010/06/1345041

Silva, G. N. da. (2024). *Estudo farmacológico via progressão geométrica e conjuntos fuzzy no ensino médio* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia). https://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.142

Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (SINITOX). (2024). *Brasil: Informações sobre intoxicações*. Recuperado de https://sinitox.icict.fiocruz.br/sites/sinitox.icict.fiocruz.br/files//Brasil9_1.pdf

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control, 8*, 338-353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X