

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE**  
**NACIONAL – PROFMAT**

**DISSERTAÇÃO**

**APLICAÇÃO DE MODELOS EM FARMACOCINÉTICA NO ENSINO DE  
FUNÇÕES EXPONENCIAIS E LOGARÍTMICAS**

**Fábio França Nascimento**

**Seropédica, RJ**

**2025**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE  
NACIONAL – PROFMAT**

**FÁBIO FRANÇA NASCIMENTO**

*Sob a Orientação do Professor*  
**ANDRÉ LUIZ MARTINS PEREIRA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em educação no Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT, Área de Concentração em Matemática.

Orientador: André Luiz Martins Pereira

Seropédica, RJ

2025

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

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

Nascimento, Fábio França , 1986-  
N244a Aplicação de Modelos em Farmacocinética no Ensino  
de Funções Exponenciais e Logarítmicas / Fábio França  
Nascimento. - Seropédica, 2025.  
85 f.: il.

Orientador: André Luiz Martins Pereira.  
Dissertação(Mestrado) . -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, PROFMAT, 2025.

1. Funções Exponenciais . 2. Funções Logarítmicas.  
3. Farmacocinética. 4. Modelagem Matemática. I.  
Pereira, André Luiz Martins, 1980-, orient. II  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. PROFMAT  
III. Título.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**



Seropédica-RJ, 11 de abril de 2025.

FÁBIO FRANÇA NASCIMENTO

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT, área de Concentração em Matemática.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 11/04/2025

ANDRE LUIZ MARTINS PEREIRA Drº UFRRJ (Orientador- Presidente da Banca)

ORLANDO DOS SANTOS PEREIRA Drº UFRRJ (membro interno)

SAMIR ASSUENA (membro externo à Instituição- Centro Universitário da FEI)



ATA N° ata/2025 - ICE (12.28.01.23)  
(Nº do Documento: 1323)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 16/04/2025 12:30 )

ANDRÉ LUIZ MARTINS PEREIRA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
PROFMAT (12.28.01.00.00.65)  
Matrícula: ####180#6

(Assinado digitalmente em 15/04/2025 23:05 )

ORLANDO DOS SANTOS PEREIRA  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptM (12.28.01.00.00.63)  
Matrícula: ####291#1

(Assinado digitalmente em 16/04/2025 07:33 )

SAMIR ASSUENA  
ASSINANTE EXTERNO  
CPF: ####.###.518-##

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número: 1323, ano: 2025, tipo: ATA, data de emissão: 15/04/2025 e o código de verificação: 276f11c444

## **AGRADECIMENTO**

Ao longo desta jornada da minha vida e carreira acadêmica, muitas pessoas foram essenciais e especiais para a concretização deste trabalho. Agradeço a minha esposa Vanessa Líbano, pelo amor incondicional e pelo incentivo constante, mesmo nos momentos mais difíceis. Sem o vosso apoio, este percurso não teria sido concluído.

Expresso a minha profunda gratidão ao meu orientador, Dr. André Luiz Martins Pereira, pelo apoio, paciência e orientação incansável, que foram fundamentais para a realização desta dissertação.

Aos meus amigos e colegas do curso PROFMAT – 2023, que partilharam comigo esta caminhada acadêmica, proporcionando não só discussões enriquecedoras, mas também momentos de descontração que tornaram este percurso mais leve.

Por fim, agradeço a todos os professores que, direta ou indiretamente, contribuíram com informações, materiais ou apoio técnico para a concretização deste trabalho.

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

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

Fábio França Nascimento

## Resumo

Este trabalho aborda uma aplicação da matemática na modelagem de desempenho de fármacos, que permite determinar dosagens e intervalos de tempo precisos, maximizando a eficácia e minimizando os efeitos colaterais. Esta prática está alinhada com a Competência Específica 3 da BNCC, que enfatiza a aplicação do conhecimento matemático em situações reais. Funções exponenciais e logarítmicas são essenciais para entender a farmacocinética, garantindo a eficácia e segurança dos medicamentos. Compreensão dessas funções é fundamental para modelar e resolver problemas relacionados à concentração de fármacos no corpo, utilizando propriedades e gráficos. Ferramentas computacionais tais como o uso de Excel® e GeoGebra facilitam a visualização e análise detalhada dos conceitos farmacocinéticos. Trabalhamos com duas turmas, sendo uma turma experimental onde vamos aplicar um questionário inicial para obter informações sobre os medicamentos usados pelos alunos e suas famílias. Esse questionário ajudará a contextualizar as atividades da turma experimental e outra turma será a turma controle a qual adotaremos a metodologia de ensino e aprendizagem tradicional. Ao final do experimento, aplicamos uma avaliação para comparar o desempenho das duas turmas. Após a avaliação, foi realizada uma análise qualitativa e quantitativa das respostas e do desempenho dos alunos. Com possíveis melhorias para futuras implementações do projeto.

**Palavras-chave:** Modelagem Matemática; Farmacocinética; Funções Exponenciais; Funções Logarítmicas.

## **Abstract**

This work approach an application of mathematics in the performance modeling of drugs, which allows determining precise dosages and time intervals, maximizing efficacy and minimizing side effects. This practice is in line with Specific Competence 3 of the BNCC, which emphasizes the application of mathematical knowledge in real situations. Exponential and logarithmic functions are essential to understand pharmacokinetics, ensuring the efficacy and safety of drugs. Understanding these functions is critical to modeling and solving problems related to drug concentration in the body, using properties and graphs. Computational tools such as the use of Excel® and GeoGebra facilitate the visualization and detailed analysis of pharmacokinetic concepts. We worked with two classes, one being an experimental class where we applied an initial questionnaire to obtain information about the medications used by students and their families. This questionnaire helped to contextualize the activities of the experimental class and another class was the control class in which we adopted the traditional teaching and learning methodology. At the end of the experiment, we applied an evaluation to compare the performance of the two classes. After the evaluation, a qualitative and quantitative analysis of the students' responses and performance was carried out. With possible improvements for future implementations of the project.

**Keywords:** Mathematical Modeling; Pharmacokinetics; Exponential Functions; Logarithmic Functions.

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Modelo Monocompartimental .....	35
Gráfico 2 - Modelo Multicompartimental .....	38
Gráfico 3 - Área Sob a Curva (ASC) .....	41
Gráfico 4 - Função exponencial crescente .....	50
Gráfico 5 - Função exponencial crescente no GeoGebra .....	51
Gráfico 6 - Função exponencial decrescente .....	52
Gráfico 7 - Função exponencial decrescente no GeoGebra .....	53
Gráfico 8 - Função logarítmica no GeoGebra .....	54
Gráfico 9 - Função logarítmica crescente .....	55
Gráfico 10 - Função logarítmica decrescente .....	55
Gráfico 11 - Meia Vida de Medicamentos .....	58
Gráfico 12 - Acertos da turma controle .....	71
Gráfico 13 - Acertos da turma experimental .....	72
Gráfico 14 - Comparativo de acertos (%) .....	74

## **LISTA DE ATIVIDADES**

Atividade 1 - Questionário Inicial .....	56
Atividade 2 - Problemas Práticos de Farmacocinética .....	57
Atividade 3 - Exercícios .....	64
Atividade 4 - Formulário .....	65
Atividade 5 - Questões Teóricas .....	66
Atividade 6 - Questionário Final .....	68

## **LISTA DE ESQUEMA, TABELAS E PLANILHA**

Esquema 1 - Processos Farmacocinéticos (ADME) .....	30
Tabela 1 - Exemplo de função exponencial crescente .....	51
Tabela 2 - Exemplo de função exponencial decrescente .....	52
Tabela 3 - Exemplo de função logarítmica .....	54
Planilha 1 - Meia Vida do Fármaco no Excel® .....	58

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 MODELAGEM MATEMÁTICA .....	14
2.1 Modelagem no Ensino Médio .....	14
2.2 Modelagem em Função Exponencial e Logarítmica.....	20
2.3 Modelagem em Farmacocinética .....	26
3 FARMACOCINÉTICA .....	27
3.1 História .....	27
3.2 Cinética .....	28
3.3 Processos Farmacocinéticos .....	30
3.4 Modelos Farmacocinéticos .....	34
3.5 Parâmetros Farmacocinéticos .....	40
4 METODOLOGIA.....	45
4.1 Turma Experimental .....	45
4.2 Turma Controle .....	47
4.3 Termos de Anuênciam, Assentimento e Consentimento.....	47
4.4 Análise Qualitativa .....	48
5 APLICAÇÕES NO ENSINO .....	49
5.1 Funções Exponenciais e Logarítmicas .....	50
5.2 Contextualização.....	57
5.3 Aula Tradicional .....	59
5.4 Discussão e Reflexão .....	62
5.5 Atividades.....	65
5.6 Avaliação.....	66
5.7 Recurso Educacional.....	69
6 ANÁLISE DOS CASOS .....	70
6.1 Caso 1 (Turma Controle) .....	70
6.2 Caso 2 (Turma Experimental) .....	71
6.3 Comparação entre Turmas .....	73
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	75
REFERÊNCIAS.....	77
ANEXOS .....	79

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho abordaremos o conceito de funções exponenciais e logarítmicas, apresentaremos suas propriedades e mostraremos que tais conceitos podem ser utilizados na resposta de problemas que descrevem as evoluções transitórias das concentrações de um fármaco no corpo. Discutiremos as funções exponenciais e logarítmicas por meio de um problema de simples compreensão: a eficácia do medicamento e sua dosagem.

Utilizaremos a modelagem matemática na compreensão das funções exponenciais e logarítmicas e suas propriedades essenciais para resolver problemas de farmacocinéticos que permitem a determinação precisa de dosagens e intervalos de tempo que maximizam a eficácia e minimizam os efeitos colaterais. Isso está em conformidade com a Competência Específica 3 e Competência Específica 5 da BNCC, que enfatiza a aplicação do conhecimento matemático em situações do mundo real.

Na **Competência Específica 3** – o discente precisa investigar problemas de contextos diversificados e ser capaz de apresentar em suas soluções modelos matemáticos de maior consistência, com uma abordagem mais madura desses conceitos. Nessa construção, o educando utilizará estratégias e procedimentos matemáticos para interpretar as situações propostas e ser capaz, inclusive, de analisar se os resultados obtidos são admissíveis. Esta competência pretende desenvolver no estudante a capacidade de solucionar problemas que requerem soluções de maior pluralidade e complexidade (Currículo Referencial do Estado do Rio de Janeiro – Ensino Médio, 2022, página 35).

Na **Competência Específica 5** – o estudante precisa atingir, através da investigação e da formulação de argumentos, a solução de situações problemas propostos, inclusive buscando em suas experiências empíricas a inspiração para isso. Ao desenvolver essas soluções, ele pode utilizar tecnologias inovadoras e outros exemplos que o auxiliem na apresentação de soluções matemáticas mais formais. É importante que o estudante comprehenda a Matemática como uma ciência de muita relevância e como um conjunto de conhecimentos que se inter-relacionam a todo o tempo (Currículo Referencial do Estado do Rio de Janeiro – Ensino Médio, 2022, página 35).

A farmacocinética é uma área da farmacologia que estuda o comportamento dos fármacos no organismo, ou seja, o caminho que o medicamento percorre desde a sua administração até a sua eliminação. A palavra vem do grego *pharmacon* (fármaco) e *kinetikos* (movimento), refletindo essa trajetória.

Esse conhecimento ajuda a promover o uso responsável dos medicamentos, evitando efeitos colaterais e garantindo a saúde e bem-estar dos pacientes. Pois as funções logarítmicas e exponenciais permitem analisar o comportamento transitório das concentrações de fármacos no corpo, ajudando na segurança dos tratamentos dos pacientes.

Conhecer os gráficos das funções exponenciais e logarítmicas é fundamental para entender a dinâmica das concentrações de fármacos no corpo humano. O uso de ferramentas computacionais como Excel® e GeoGebra facilita a compreensão e visualização desses conceitos, permitindo uma análise mais detalhada e precisa dos problemas farmacocinéticos.

Este trabalho tem como tema: Aplicação de modelos em farmacocinética no ensino de funções exponenciais e logarítmicas. Sendo dividido nos seguintes capítulos: Modelagem Matemática, Farmacocinética, Metodologia, Aplicações no Ensino, Análise dos Casos e Considerações Finais.

No capítulo 2 de Modelagem Matemática, estudaremos o processo de traduzir problemas do mundo real em equações ou sistemas matemáticos, permitindo analisar e prever o comportamento de fenômenos de forma estruturada. Muitas vezes precisamos simplificar a realidade ao eliminar detalhes não essenciais para focar nos aspectos principais do problema, facilitando a modelagem matemática. Na modelagem matemática procuramos resolver as equações que simularam o modelo, para isso utilizando métodos analíticos e, ou numéricos.

No capítulo 3 da Farmacocinética, analisaremos modelos matemáticos que representam um sistema ou processo da vida real. Exploraremos o conceito de farmacocinética como uma simplificação ou idealização de um sistema real, onde são utilizadas variáveis e equações para capturar o comportamento essencial desse sistema.

No capítulo 4 de Metodologia, tem como proposta aplicar a modelagem matemática em farmacocinética, utilizando funções exponenciais e logarítmicas. Esta metodologia será dividida em duas abordagens diferentes para comparação de resultados. Sendo uma abordagem contextualizada e uma abordagem tradicional.

No capítulo 5 de Aplicações no Ensino, utilizaremos os conceitos e as propriedades das funções exponenciais e logarítmicas por meio de um problema de simples compreensão. Para manipular tal problema que envolva o efeito da dosagem dos remédios, no organismo do ser humano com o emprego da matemática para entendermos a eficácia ou não da medicação utilizada. E essa resposta virá através da solução da modelagem do problema que será dado por funções exponenciais e logarítmicas. Utilizaremos recursos computacionais como por exemplo: Excel® e GeoGebra, para realizar cálculos mais complexos e construir gráficos com o objetivo de compreender melhor o problema. Ainda neste capítulo haverá uma breve menção ao Recurso Educacional da dissertação.

No capítulo 6 de Análise dos Casos, vamos comparar e analisar os resultados obtidos com dados experimentais das turmas, em que foi aplicado o experimento do trabalho. Ajustando o modelo conforme necessário para melhorar sua precisão. Para obter um resultado significativo na compreensão e aprendizagem do aluno.

No capítulo 7 de Considerações Finais, resume as principais descobertas do estudo de forma clara e objetiva. Destacando novas perspectivas, hipóteses confirmadas ou detalhes que deverão ser ajustados no futuro, com base nos resultados encontrados.

## 2 MODELAGEM MATEMÁTICA

### 2.1 Modelagem no Ensino Médio

O ensino da Matemática, especialmente em países como o Brasil, tem enfrentado inúmeros desafios, tanto do lado dos professores quanto dos alunos. O desinteresse crescente ao longo dos anos de escolaridade e os baixos índices de aprendizagem refletem uma abordagem tradicional muitas vezes descontextualizada da realidade dos alunos, o que torna a matéria abstrata e desmotivadora. Isso é particularmente evidente no ensino de funções exponenciais e logarítmicas, que, apesar de suas inúmeras aplicações no mundo real, são frequentemente ensinadas de forma teórica e sem ligação com situações cotidianas.

Neste contexto, a modelagem matemática surge como uma metodologia promissora para revitalizar o ensino, proporcionando uma abordagem mais prática e ligada à realidade dos alunos. Este tipo de metodologia não só torna a matemática mais acessível e interessante, mas também promove o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas, ao mesmo tempo em que permite a reflexão sobre questões sociais relevantes. A proposta, portanto, não só atende à necessidade de reformular o ensino da matemática, como também pode desempenhar um papel importante na formação de cidadãos mais conscientes e preparados para lidar com problemas do mundo real.

Através da modelagem os alunos têm a oportunidade de não só aprender conceitos abstratos de forma mais prática e contextualizada, mas também de refletir sobre a sua própria realidade e o impacto das suas escolhas. A proposta, portanto, vai além da sala de aula, promovendo uma integração entre o conhecimento científico e as questões sociais do cotidiano.

A modelagem matemática é uma ferramenta poderosa que permite traduzir situações reais em problemas matemáticos, oferecendo um meio estruturado para a tomada de decisões e a resolução de problemas. Historicamente, o surgimento da matemática está intrinsecamente ligado às necessidades práticas do ser humano, como contar e medir, como aponta Boyer. O desenvolvimento de conceitos matemáticos foi essencial para a sobrevivência e evolução da humanidade, pois permitiu ao ser humano enfrentar desafios e tomar decisões com base em dados numéricos.

Com a modelagem temos a capacidade de criar representações matemáticas de problemas do mundo real. Essas representações, ou modelos, ajudam a interpretar, simular e prever comportamentos e soluções. Assim, a modelagem matemática é tanto uma técnica quanto uma forma de pensamento que une a matemática e a realidade de maneira prática e aplicável. As definições de modelagem matemática apresentadas por diferentes autores reforçam essa ideia:

- **Bassanezi** descreve a modelagem como "a arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los, interpretando as soluções na linguagem do mundo real". Isso reflete o poder da modelagem de tornar questões complexas mais compreensíveis e passíveis de resolução.
- **Almeida** vê a modelagem como um processo que "visa propor soluções para problemas por meio de modelos matemáticos", destacando a importância do modelo como a forma pela qual se alcança a solução desejada.
- **Biembengut** complementa ao dizer que a modelagem é "o processo que envolve a obtenção de um modelo", sendo esse modelo "um conjunto de símbolos e relações matemáticas que procura traduzir um fenômeno ou problema de situação real".

Essas definições têm um ponto em comum: a capacidade da modelagem matemática de conectar o mundo real com a abstração matemática, permitindo que problemas complexos sejam entendidos, analisados e resolvidos por meio de ferramentas matemáticas. No contexto educacional, a modelagem oferece aos alunos uma maneira de ver a relevância da matemática no cotidiano, proporcionando um aprendizado mais profundo e significativo.

Ao utilizar a modelagem matemática em sala de aula, como na proposta de abordar o consumo de medicamentos por adolescentes usando funções exponenciais e logarítmicas, estamos aplicando esses conceitos para conectar a vida prática dos alunos com o conteúdo matemático, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente e relevante.

A modelagem é uma abordagem pedagógica extremamente relevante para o ensino da matemática, especialmente no contexto atual, onde o papel da educação vai além da simples transmissão de conhecimentos, mas busca formar cidadãos críticos e conscientes. A matemática, quando ensinada de maneira conectada à realidade, torna-se uma poderosa ferramenta para o desenvolvimento do pensamento crítico, da capacidade de resolução de problemas e do raciocínio lógico. Isso está alinhado com os objetivos educacionais mais amplos, como apontado nos **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)**, que sugerem o uso da matemática como meio para compreender e transformar o mundo.

Segundo autores como **Bassanezi e Biembengut**, é uma forma de vincular o conhecimento matemático com problemas reais, permitindo que os alunos resolvam situações cotidianas por meio de ferramentas matemáticas. Isso leva a um processo de ensino mais engajante, onde os alunos se tornam protagonistas de sua aprendizagem ao aplicar conceitos abstratos para resolver questões concretas. Esse método, além de desenvolver o conteúdo matemático, promove a integração com outras áreas do conhecimento, favorecendo uma abordagem interdisciplinar e multidisciplinar, como sugerido nos PCNs.

**As etapas propostas por Biembengut para o desenvolvimento da modelagem incluem:**

1. **Exposição do tema:** Uma introdução breve ao problema a ser abordado, relacionada à realidade dos alunos.
2. **Levantamento de questões:** Instigar a curiosidade dos alunos por meio de perguntas que desafiem sua compreensão.
3. **Formulação e seleção de questões:** Os alunos começam a propor respostas e, se necessário, realizam pesquisas para aprofundar o tema.
4. **Interrupção para desenvolver a matemática necessária:** Neste ponto, o professor introduz os conceitos matemáticos relevantes para resolver o problema.
5. **Exemplos e exercícios análogos:** Propor exercícios que ajudem os alunos a aplicar os novos conhecimentos.
6. **Retorno à questão inicial:** Revisão do problema inicial, agora com a solução baseada no modelo matemático construído.

Este processo é cíclico e dinâmico, permitindo que os alunos voltem a ajustar suas ideias conforme aprendem mais sobre a matemática envolvida. A modelagem também permite que os estudantes compreendam os procedimentos de uma pesquisa científica, como a busca por informações e a experimentação, o que amplia suas habilidades e competências de forma significativa.

## A importância da mediação do professor

O professor desempenha um papel crucial nesse processo. Ele atua como mediador do conhecimento, guiando os alunos por meio dos conceitos necessários e retomando conteúdos matemáticos já estudados ou introduzindo novos conforme a necessidade. Segundo **Almeida**, a transição da situação inicial para a situação final depende desses encaminhamentos e procedimentos, o que torna fundamental a intervenção pedagógica adequada do professor.

Por fim, a inclusão da modelagem matemática nos currículos e livros didáticos está cada vez mais presente, uma vez que essa abordagem gera resultados positivos de aprendizagem. Ao integrar a matemática com problemas reais, a modelagem torna o ensino mais significativo e atrativo para os alunos, preparando-os não apenas para provas, mas para a vida prática e os desafios do mundo contemporâneo.

### 2.2 Modelagem em Função Exponencial e Logarítmica

A modelagem pode ser definida como um procedimento de ensino gradual de um novo comportamento por meio de reforçamento diferencial de aproximações sucessivas de respostas, cada vez mais próximas do comportamento-alvo. Para este trabalho de pesquisa, foram pesquisadas dissertações que utilizam a palavra-chave: modelagem matemática, farmacocinética, funções exponenciais e logarítmicas, onde foram selecionadas duas dissertações relevantes para o estado da arte.

Com uma abordagem detalhada para entendermos a utilização de funções exponenciais e logarítmicas na modelagem matemática em farmacocinética, foram analisadas duas dissertações e a BNCC, com fontes mencionadas na plataforma Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), <https://bdtd.ibict.br/vufind/>, plataforma Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT), <https://profmat-sbm.org.br/> e Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – MEC, [https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal.pdf](https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf).

## Dissertação 1

Título	Autor	Instituição	Ano
Modelagem matemática no ensino médio: uma abordagem para o ensino de funções exponenciais e logarítmicas.	Helena, Aline Fernanda Faquini	UNESP	2016

A proposta apresentada parece ser muito relevante e inovadora, já que combina a modelagem matemática com um tema atual e preocupante: o consumo de álcool por adolescentes. O uso de temas do cotidiano dos alunos, especialmente os que envolvem questões sociais e comportamentais importantes, tende a aumentar o interesse e o engajamento dos alunos, além de permitir que vejam a matemática como uma ferramenta útil para a compreensão de problemas do mundo real.

Ao utilizar funções exponenciais e logarítmicas, o professor pode explorar, por exemplo, como o álcool é metabolizado pelo corpo ao longo do tempo (um fenômeno que segue uma função exponencial) ou como o consumo acumulado pode ser analisado sob a perspectiva do crescimento exponencial de riscos para a saúde. Esses conceitos podem ser introduzidos de maneira prática e contextualizada, o que ajuda os alunos a entenderem o comportamento dessas funções em situações reais. Além disso, a modelagem matemática nesse contexto não só favorece o desenvolvimento do raciocínio lógico e analítico dos alunos, mas também promove uma reflexão crítica sobre comportamentos prejudiciais, como o consumo de álcool. Isso permite que os alunos vejam o impacto real de suas escolhas no futuro, abordando não apenas o conhecimento matemático, mas também temas de saúde pública e cidadania.

Para o professor, ter um suporte teórico claro sobre como abordar o tema é essencial, e essa metodologia oferece uma abordagem didática eficaz para ensinar conceitos muitas vezes considerados abstratos, como as funções exponenciais e logarítmicas, de maneira significativa e aplicável ao cotidiano dos alunos. Esse tipo de trabalho pode ser muito enriquecedor para o ensino da matemática, principalmente ao adotar uma visão interdisciplinar que une matemática, biologia, e educação para a saúde.

O trabalho proposto oferece uma abordagem inovadora e essencial para o ensino de funções exponenciais e logarítmicas, colocando a matemática em diálogo direto com a realidade dos alunos. Ao vincular o tema do consumo de álcool com esses conteúdos matemáticos, consegue-se tornar o aprendizado mais relevante e envolvente, abordando um problema real que afeta muitos jovens. Isso é fundamental para superar a abordagem tradicional, muitas vezes mecânica e descontextualizada, que desmotiva os alunos.

Nesta proposta, a matemática transcende o mero conteúdo curricular, tornando-se um poderoso agente de transformação social. Ao envolver os alunos na análise crítica de um problema tão presente na sua realidade, como o consumo precoce de álcool, a matemática assume um papel educativo mais amplo, promovendo a consciência social e a reflexão crítica. Esse tipo de abordagem ajuda a formar cidadãos mais conscientes e capazes de tomar decisões informadas em sua vida pessoal e coletiva.

Esperamos que este trabalho seja amplamente implementado em diferentes contextos escolares, contribuindo para a melhoria do ensino-aprendizagem das funções matemáticas, ao mesmo tempo em que promove uma conscientização sobre os perigos do consumo de álcool. O sucesso da proposta reside na sua capacidade de unir a matemática à vida prática dos alunos, cumprindo tanto os objetivos acadêmicos quanto sociais.

## Dissertação 2

Título	Autor	Instituição	Ano
Modelagem farmacocinética e análise de sistemas lineares para a predição da concentração de medicamentos no corpo humano.	Gallo, Neto Milton	USP	2012

Este trabalho tem como objetivo a criação de um modelo capaz de prever a concentração plasmática de drogas em diversas formas de infusão, proporcionando *insights* valiosos sobre a adequação de diferentes procedimentos. Sobre: modelo monocompartimental e modelo bicompartimental.

## Aplicações

A utilização do modelo monocompartimental comparou dois métodos de infusão da mesma quantidade de droga: **infusão constante** e **torneira periódica**. O modelo bicompartimental foi aplicado para simular diferentes formas de administração de medicamentos.

## Sobredosagem e Propostas de Melhoria

Uma aplicação importante foi a simulação de sobredosagem de um anti-inflamatório. O modelo permitiu prever o tempo em que a concentração da droga permanece acima do nível terapêutico, fornecendo informações para ajustar as doses e evitar concentrações prejudiciais tóxicas.

## Método Simplificado para Obtenção de Parâmetros Farmacocinéticos

Foi um método proposto mais simples e preciso para obter o parâmetro farmacocinético relacionado à absorção, utilizando dados facilmente disponíveis nas bulas dos medicamentos. Esse método é uma alternativa ao que é tradicionalmente proposto na literatura, que exige dados clínicos e gráficos mais complexos e difíceis de obter.

A simplicidade deste novo método pode facilitar o cálculo de parâmetros essenciais sem comprometer a precisão. Este trabalho demonstra a importância de modelos farmacocinéticos para prever a concentração de drogas no organismo, oferecendo uma ferramenta poderosa para otimizar a administração de medicamentos. A comparação de diferentes formas de infusão, a previsão de concentrações em propostas clínicas e o desenvolvimento de métodos mais simplificados.

O desenvolvimento de modelos matemáticos para simular o comportamento do organismo humano, especialmente no campo da farmacocinética, é uma ferramenta poderosa para prever a distribuição de substâncias, como medicamentos e tóxicos, no corpo humano sem a necessidade de experimentos diretos com seres vivos. Esta abordagem é extremamente vantajosa, principalmente em situações críticas que poderiam ser colocadas

As conclusões do trabalho indicam o sucesso no desenvolvimento de modelos farmacocinéticos capazes de prever com precisão as concentrações plasmáticas de diferentes medicamentos em cenários de infusões variadas. A partir das simulações realizadas, várias constatações importantes foram feitas.

## Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

No contexto da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Brasil, a Competência Específica 3 de Matemática está diretamente relacionada com essa aplicação. Segundo a BNCC, a Competência Específica 3 de Matemática foca em:

Resolver e elaborar problemas com funções exponenciais nos quais seja necessário compreender e interpretar a variação das grandezas envolvidas, em contextos como o da Matemática Financeira, entre outros (Brasil, 2018, página 546).

Resolver e elaborar problemas com funções logarítmicas nos quais seja necessário compreender e interpretar a variação das grandezas envolvidas, em contextos como os de abalos sísmicos, pH, radioatividade, Matemática Financeira, entre outros (Brasil, 2018, página 546).

Analisar e estabelecer relações, com ou sem apoio de tecnologias digitais, entre as representações de funções exponencial e logarítmica expressas em tabelas e em plano cartesiano, para identificar as características fundamentais (domínio, imagem, crescimento) de cada função (Brasil, 2018, página 546).

A matemática é muito utilizada para modelar o desempenho de novos fármacos (novas medicações), em geral, a solução dessa modelagem se dá por meio de funções exponenciais e logarítmicas. Tal abordagem está de acordo com a BNCC, a Competência Específica 3 da BNCC. No que se refere, entre outros, podemos expressar aplicabilidade em áreas de estudo não mencionadas como a farmacocinética.

A compreensão das funções exponenciais e logarítmicas e suas propriedades é essencial para modelar e resolver problemas farmacocinéticos. Essas funções permitem analisar o comportamento transitório das concentrações de fármacos no organismo, ajudando a determinar a eficácia e a segurança dos tratamentos dos pacientes.

## 2.3 Modelagem em Farmacocinética

A modelagem farmacocinética estuda como os fármacos são absorvidas, distribuídas, metabolizadas e excretadas pelo corpo. Ao utilizar esses modelos, é possível prever a concentração de uma droga no sangue em diferentes momentos após a administração, seja de forma terapêutica ou em condições que possam levar a concentrações tóxicas. Estes modelos não são apenas úteis para prever a distribuição de medicamentos no organismo dos indivíduos, mas também são aplicáveis em estudos de substâncias ilícitas ou tóxicas.

A grande vantagem dos modelos matemáticos é a sua capacidade de gerar uma vasta gama de dados a partir de simulações, sem a necessidade de realizar novos experimentos. Uma vez validados com dados experimentais, esses modelos permitem explorar diferentes cenários apenas alterando parâmetros, como a dose ou o modo de administração. Isso facilita estudos que seriam inviáveis ou perigosos em seres humanos.

A modelagem farmacocinética é uma ferramenta essencial na medicina moderna, otimizando tratamentos pois permite conhecer distribuição específica de cada medicamento no organismo. Permitindo não apenas prever as concentrações de drogas após diferentes tipos de infusão, mas também explorar cenários clínicos complexos sem colocar vidas em risco. Com o desenvolvimento contínuo de tais modelos, é possível melhorar ainda mais a eficácia dos tratamentos médicos e a segurança na análise de substâncias tóxicas.

A farmacocinética oferece uma ferramenta poderosa e versátil, capaz de prever uma vasta gama de cenários relacionados à administração de substâncias no organismo. Desde a otimização de tratamentos até a avaliação de situações críticas como superdosagem, esses modelos são essenciais para garantir a segurança e a eficácia dos tratamentos, ao mesmo tempo que reduzem custos e evitam riscos experimentais.

### 3 FARMACOCINÉTICA

#### 3.1 História

A história da Farmacocinética como campo de estudo tem raízes profundas, com os primeiros trabalhos científicos atribuídos a Torbjörn Teorell, em 1937. Teorell foi pioneiro na análise da distribuição de fármacos no organismo, desenvolvendo modelos teóricos que ainda influenciaram a pesquisa moderna. Estes estudos marcaram o início de uma compreensão mais sistemática de como os medicamentos se comportam dentro do organismo.

A palavra "Farmacocinética" foi impressa pela primeira vez em 1953, no livro "Der Blutspiegel" (Níveis Sanguíneos), de FH Dost. Este livro é extremamente reconhecido como o primeiro na área de Farmacocinética e distribuído como bases para o estudo das concentrações de fármacos no sangue e seus efeitos no organismo.

A Farmacocinética avançou consideravelmente desde então, especialmente com o desenvolvimento de métodos analíticos seletivos e sensíveis para a quantificação de medicamentos e seus produtos de biotransformação em líquidos biológicos. Esses métodos são cruciais para diversas aplicações, como o desenvolvimento farmacotécnico de novas formulações e sistemas terapêuticos.

Essas inovações visam garantir que os medicamentos tenham um comportamento biofarmacêutico e farmacocinético protegido para alcançar os objetivos terapêuticos. Esses avanços refletem a complexidade e a importância da Farmacocinética no desenvolvimento de terapias seguras e eficazes, destacando a evolução contínua do campo desde os seus primórdios.

Nas décadas de 1960 e 1970 foram estabelecidos os conceitos fundamentais que constituíram a Farmacocinética como área específica dentro da Farmacologia. Entretanto, seu grande avanço ocorreu em razão do desenvolvimento de métodos analíticos seletivos e sensíveis para quantificação de fármacos e de seus produtos de biotransformação em líquidos biológicos (Storpirtis, et al. 2011, página 5).

### 3.2 Cinética

A cinética na farmacocinética descreve o movimento dos medicamentos no organismo, monitorando a concentração do medicamento em líquidos biológicos, geralmente sem plasma. Esta concentração plasmática é um indicador chave para entender como o medicamento é absorvido, distribuído, metabolizado e excretado pelo organismo.

#### Cinética de primeira ordem

A velocidade do processo é proporcional à concentração do fármaco, o que significa que uma fração do fármaco eliminada por unidade de tempo é constante. A maioria dos fármacos segue a cinética de primeira ordem. A farmacocinética linear pode ser descrita pela a equação:

$$\ln C = \ln C_0 - K.t$$

- $\ln$  = logaritmo natural
- $C$  = concentração do fármaco
- $C_0$  = concentração inicial do fármaco
- $K$  = constante
- $t$  = variação de tempo

#### Constante para um tempo unitário ( $t = 1$ )

Multiplicando ambos os lados por (-1) a equação:  $\ln C = \ln C_0 - K.t$

$$-\ln C = -\ln C_0 + K.t \Leftrightarrow K.t = \ln C_0 - \ln C \Leftrightarrow K = \frac{\ln C_0 - \ln C}{t}$$

Para  $t = 1$ , temos um tempo unitário para C meia-vida (1/2) de  $C_0$ , portanto  $C = \frac{C_0}{2}$ , substituindo na função:  $K = \frac{\ln C_0 - \ln C}{t}$

$$K = \frac{\ln C_0 - \ln (C_0)/2}{1} \Leftrightarrow K = \ln \frac{C_0}{(C_0)/2} \Leftrightarrow K = \ln 2 \Leftrightarrow K = 0,693$$

## Cinética de ordem zero

A cinética de ordem zero é importante em situações onde os processos fisiológicos que eliminam ou distribuem o fármaco que estão saturados, ou quando o fármaco é administrado de uma forma que mantém uma taxa constante de introdução no organismo, permitindo uma previsão de como as concentrações de fármacos variam ao longo do tempo, o que é crucial para a otimização das terapias. O processo de cinética de ordem zero pode ser descrito pela seguinte equação:

$$C = C_0 \cdot e^{-Kt}$$

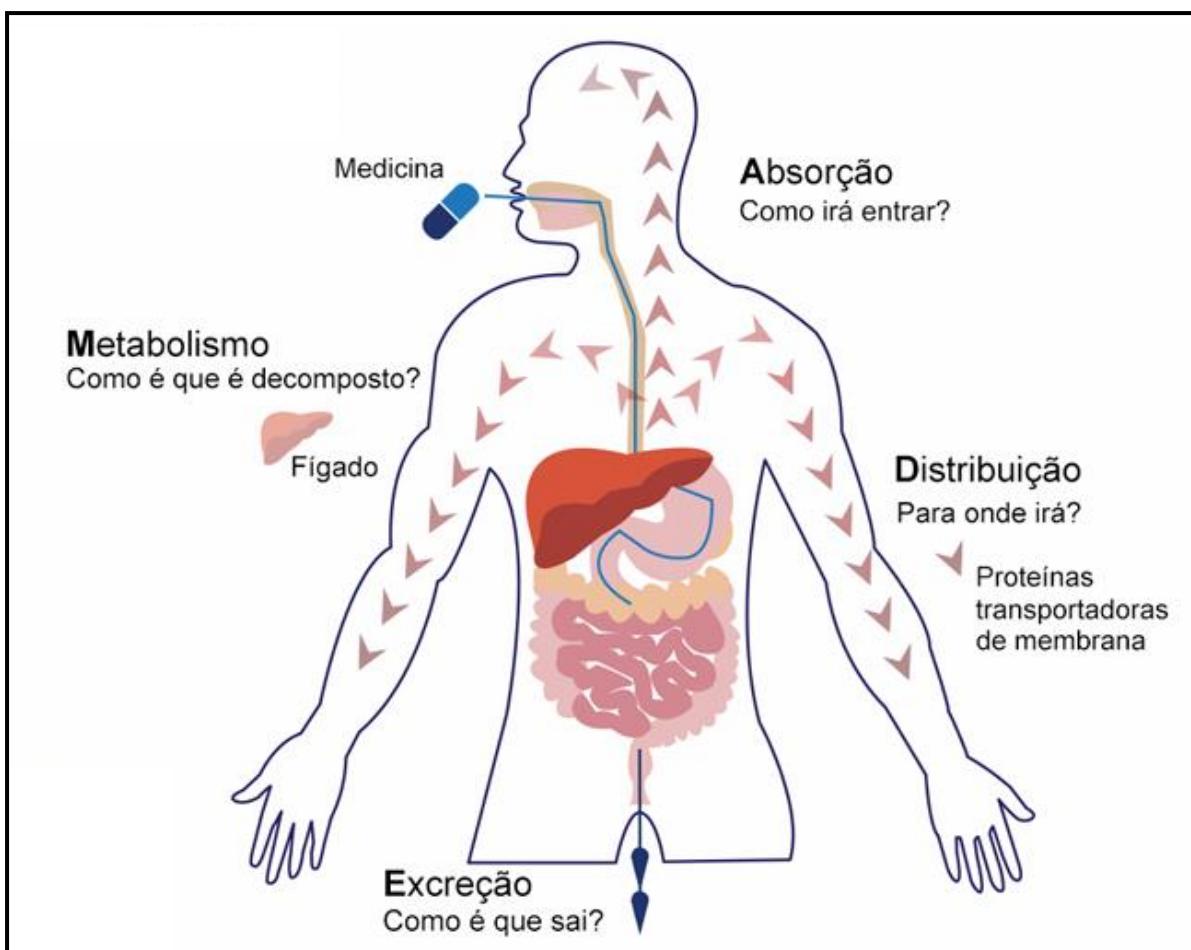
- $C$  = concentração do fármaco
- $C_0$  = concentração inicial do fármaco
- $e$  = número neperiano
- $K$  = constante
- $t$  = variação de tempo

## Cinética mista

É uma característica farmacocinética que ocorre quando um fármaco segue uma cinética de primeira ordem em baixas concentrações, mas à medida que a concentração do fármaco aumenta, o processo passa a seguir uma cinética de ordem zero. Este comportamento é típico de situações em que o mecanismo responsável pela metabolização ou eliminação do medicamento se torna saturado. A Cinética Mista ocorre quando a velocidade de eliminação é proporcional à concentração. Isso significa que uma fração constante do medicamento é eliminada por unidade de tempo.

### 3.3 Processos Farmacocinéticos

A Farmacocinética abrange os processos que determinam o destino de um fármaco dentro do organismo. Esses processos são comumente resumidos pela sigla ADME, que representa Absorção, Distribuição, Metabolismo e Excreção. Cada um desses processos desempenha um papel crucial na determinação da concentração do medicamento em diferentes partes do corpo e, consequentemente, na sua eficácia e segurança.



<https://toolbox.eupati.eu/resources/tipos-de-ensaios-de-desenvolvimento-clinico-inicial/?lang=pt-pt>

Esquema 1

## Absorção

A absorção de um fármaco refere-se ao processo pelo qual ele é transferido do local de administração para a corrente sanguínea. No caso da administração oral, o fármaco deve atravessar o epitélio gastrointestinal e o sistema porta hepático para alcançar a circulação sistêmica.

Diversos fatores influenciam a absorção dos fármacos, como a solubilidade, a área de superfície disponível, a circulação sanguínea local, o pH no local de absorção, o pKa do fármaco (propriedade físico-química que reflete a tendência do composto em perder ou ganhar prótons), a concentração do fármaco, as interações com alimentos, as características intrínsecas do fármaco e a forma farmacêutica.

A eficiência e a velocidade com que um fármaco é absorvido dependem diretamente da via de administração escolhida. Por exemplo, a administração intravascular é a única via que garante a biodisponibilidade total do fármaco, pois ele é introduzido diretamente na corrente sanguínea, evitando assim o processo de absorção e resultando em uma biodisponibilidade de 100%.

## Distribuição

A distribuição de um fármaco refere-se ao processo pelo qual ele é transferido do sangue e linfa para os diversos tecidos e órgãos do corpo. A distribuição é mais rápida em tecidos que recebem grande circulação de fluidos, como o coração, pulmões e fígado, e mais lenta em tecidos com menor irrigação, como ossos, unhas e dentes.

O equilíbrio na distribuição do fármaco é atingido mais rapidamente nos tecidos altamente irrigados, enquanto em tecidos menos irrigados, a distribuição é mais lenta. Um exemplo disso é o tiopental, um barbitúrico com efeito anestésico, que tende a se acumular em tecidos adiposos, sendo liberado lentamente. Isso significa que um paciente obeso, ao receber a mesma dose de tiopental que um paciente magro, pode permanecer sedado por um período mais longo.

Fatores que afetam a distribuição incluem as propriedades físicas e físico-químicas do fármaco, interações com outros medicamentos, a forma farmacêutica e, no organismo, fatores como variações de pH, fluxo sanguíneo, fatores genéticos, idade, gravidez e enfermidades. Além disso, a distribuição para locais especiais, como o sistema nervoso central, o globo ocular e a placenta, requer considerações adicionais devido às barreiras fisiológicas presentes nesses locais.

## Metabolismo

O metabolismo ou biotransformação de um fármaco é o processo pelo qual ele é convertido em uma ou mais entidades químicas diferentes, conhecidas como metabólitos. Este processo ocorre no organismo através de várias reações enzimáticas e geralmente é dividido em duas fases principais:

- **Fase 1:** Envolve reações não sintéticas, que são catalisadas por enzimas microssômicas e incluem processos de oxidação, redução e hidrólise. Essas reações alteram a estrutura química do fármaco, preparando-o para a fase seguinte.
- **Fase 2:** Envolve reações sintéticas, mediadas por enzimas citosólicas, onde o fármaco ou seus metabólitos da Fase 1 são conjugados com outras substâncias (como ácido glucurônico, sulfato, glutatona, etc.), tornando o composto geralmente mais polar e, portanto, mais fácil de excretar.

Os fatores que influenciam o metabolismo podem ser internos ou externos. Fatores internos incluem características como espécie, idade, peso corporal, sexo, genética, estado nutricional, temperatura corporal e presença de doenças. Fatores externos estão relacionados ao próprio fármaco, à via de administração e ao ambiente.

## Excreção

A excreção é o processo pelo qual o organismo remove de forma irreversível um fármaco, eliminando-o principalmente através da via urinária. Contudo, a excreção também pode ocorrer por outras vias, como as fezes, bile, leite materno, suor, ar exalado pelos pulmões, e outras secreções. Durante este processo, o fármaco pode ser excretado na sua forma original (inalterada) ou após ter sido quimicamente modificado através do metabolismo.

Além das vias naturais de excreção, existem métodos artificiais, como a diálise peritoneal e a hemodiálise, que podem ser utilizados para remover fármacos do organismo, especialmente em casos de intoxicação ou quando a função renal está comprometida. A excreção urinária, a mais comum, envolve três mecanismos principais:

- **Filtração glomerular:** Ocorre nos glomérulos dos rins, onde o fármaco é filtrado do sangue para o interior dos túbulos renais.
- **Secreção tubular:** Neste processo, fármacos e metabólitos podem serativamente transportados dos capilares que circundam os túbulos renais para o interior dos túbulos, complementando a filtração glomerular.
- **Reabsorção tubular:** Durante a passagem pelo sistema tubular, alguns fármacos podem ser reabsorvidos de volta para a corrente sanguínea, reduzindo a quantidade excretada.

Esses mecanismos garantem a eliminação eficaz de fármacos e seus metabólitos, regulando a sua concentração no organismo e, consequentemente, o seu efeito terapêutico.

### 3.4 Modelos Farmacocinéticos

Desenvolver modelos e expressões matemáticas que descrevem o destino dos fármacos no organismo é uma parte essencial da Farmacocinética. Esses modelos são utilizados para quantificar e prever como os fármacos se comportam ao longo do tempo em diferentes compartimentos do corpo.

Eles permitem descrever matematicamente os processos de aquisição, distribuição, metabolismo e excreção (ADME), possibilitando uma compreensão mais precisa do destino dos medicamentos no organismo.

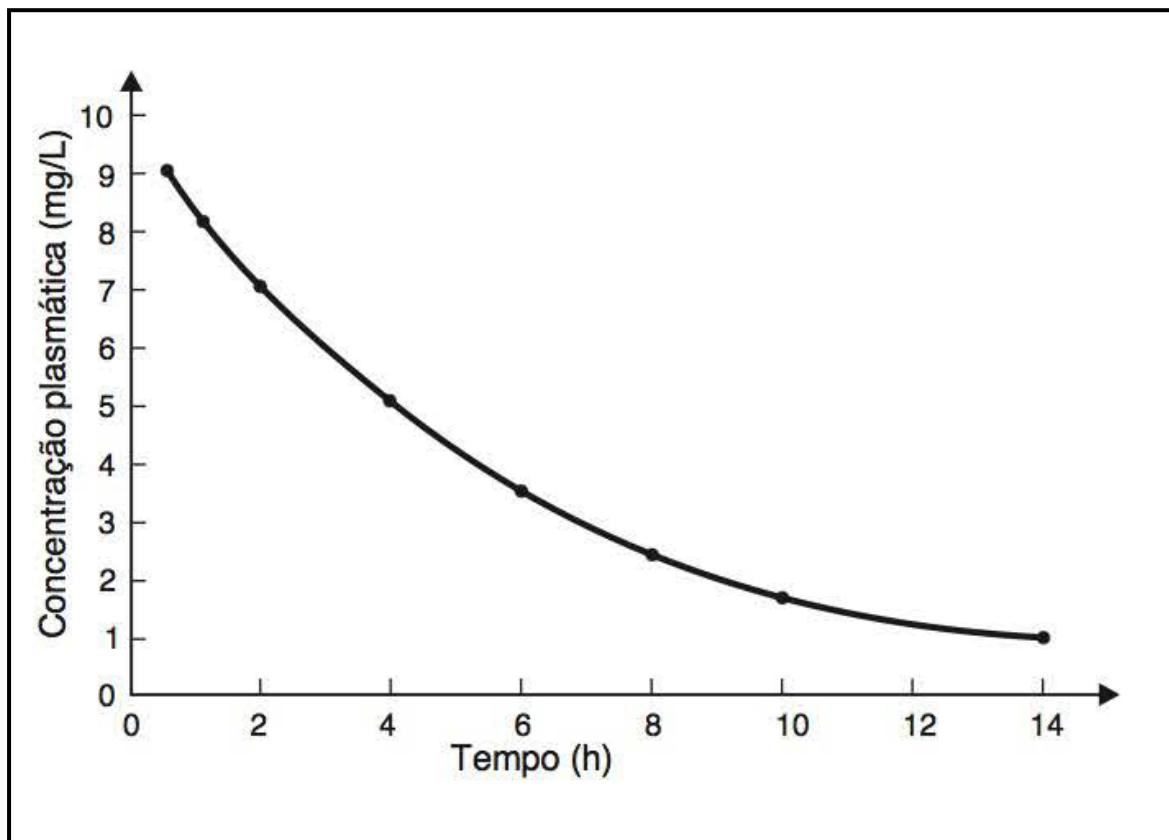
Esses modelos não apenas auxiliam na compreensão dos processos farmacocinéticos, mas também são ferramentas indispensáveis no desenvolvimento de novos medicamentos e na otimização de tratamentos terapêuticos.

#### Modelos Compartimentais

Os modelos compartimentais são ferramentas matemáticas utilizadas para descrever a distribuição de fármacos no organismo de forma simplificada. Estes modelos assumem que o corpo pode ser dividido em um ou mais compartimentos, onde a concentração do fármaco se distribui de maneira uniforme e instantânea dentro de cada compartimento após a administração. Isso permite uma simplificação significativa das equações que descrevem o comportamento do fármaco, facilitando a análise e previsão da sua disposição cinética.

No entanto, logo após a administração de um fármaco, pode ocorrer um descompasso entre o comportamento real do fármaco no organismo e o que o modelo compartmental prevê. Este descompasso é devido à fase inicial de distribuição, quando o fármaco ainda não atingiu o equilíbrio entre os diferentes compartimentos. Na prática, este descompasso geralmente é resolvido rapidamente, uma vez que as concentrações plasmáticas do fármaco se estabilizam.

Para determinar qual modelo compartmental melhor se ajusta à disposição cinética de um fármaco, os dados de concentração plasmática do fármaco ao longo do tempo são transformados em logaritmo natural ("ln") da concentração. Esses dados transformados são então plotados em um gráfico de concentração plasmática versus o tempo.



Farmacocinética Básica e Aplicada, página 27

Gráfico 1

A forma da curva resultante ajuda a identificar o modelo compartmental mais adequado (por exemplo, modelo de um compartimento, dois compartimentos, etc.). Este método é fundamental na farmacocinética para prever como um fármaco se comportará no organismo, ajudando a otimizar doses e melhorar a eficácia terapêutica.

## Monocompartimental

O modelo de compartimento único é o mais simples entre os modelos compartimentais e é amplamente utilizado para descrever a farmacocinética de muitos fármacos. Esse modelo assume que, após a administração extravascular (fora dos vasos sanguíneos), o fármaco é absorvido e distribuído instantaneamente e de forma homogênea por todos os líquidos e tecidos do organismo.

No modelo de compartimento único, a fase de distribuição é tão rápida que, na prática, torna-se impossível medir e calcular a constante de velocidade de distribuição. Esse fenômeno é interpretado como se o fármaco atinge, quase instantaneamente, um estado de equilíbrio entre todos os compartimentos do organismo, ou seja, os diferentes tecidos e líquidos corporais. Contudo, isso não significa que a concentração do fármaco seja a mesma em todos os tecidos, mas sim que as concentrações nos diferentes tecidos atingem um estado de equilíbrio, mesmo que sejam diferentes entre si.

Existem, no entanto, fármacos que não se distribuem uniformemente por todo o organismo, como os aminoglicosídeos, que são antibióticos que tendem a não penetrar amplamente nos tecidos extravasculares. Apesar disso, a cinética desses fármacos ainda pode ser descrita pelo modelo monocompartimental, uma vez que este modelo simplificado pode ser adequado para interpretar o comportamento do fármaco no organismo e para calcular parâmetros farmacocinéticos importantes, como a meia-vida, a área sob a curva de concentração versus tempo (AUC) e a taxa de eliminação.

Da mesma forma, fármacos que não atravessam a barreira hematoencefálica (BHE), portanto não alcançam o sistema nervoso central, também podem ser adequadamente descritos por este modelo. O modelo de compartimento único facilita a análise e compreensão da disposição do fármaco no organismo, tornando-o uma ferramenta útil na prática clínica e na pesquisa farmacológica.

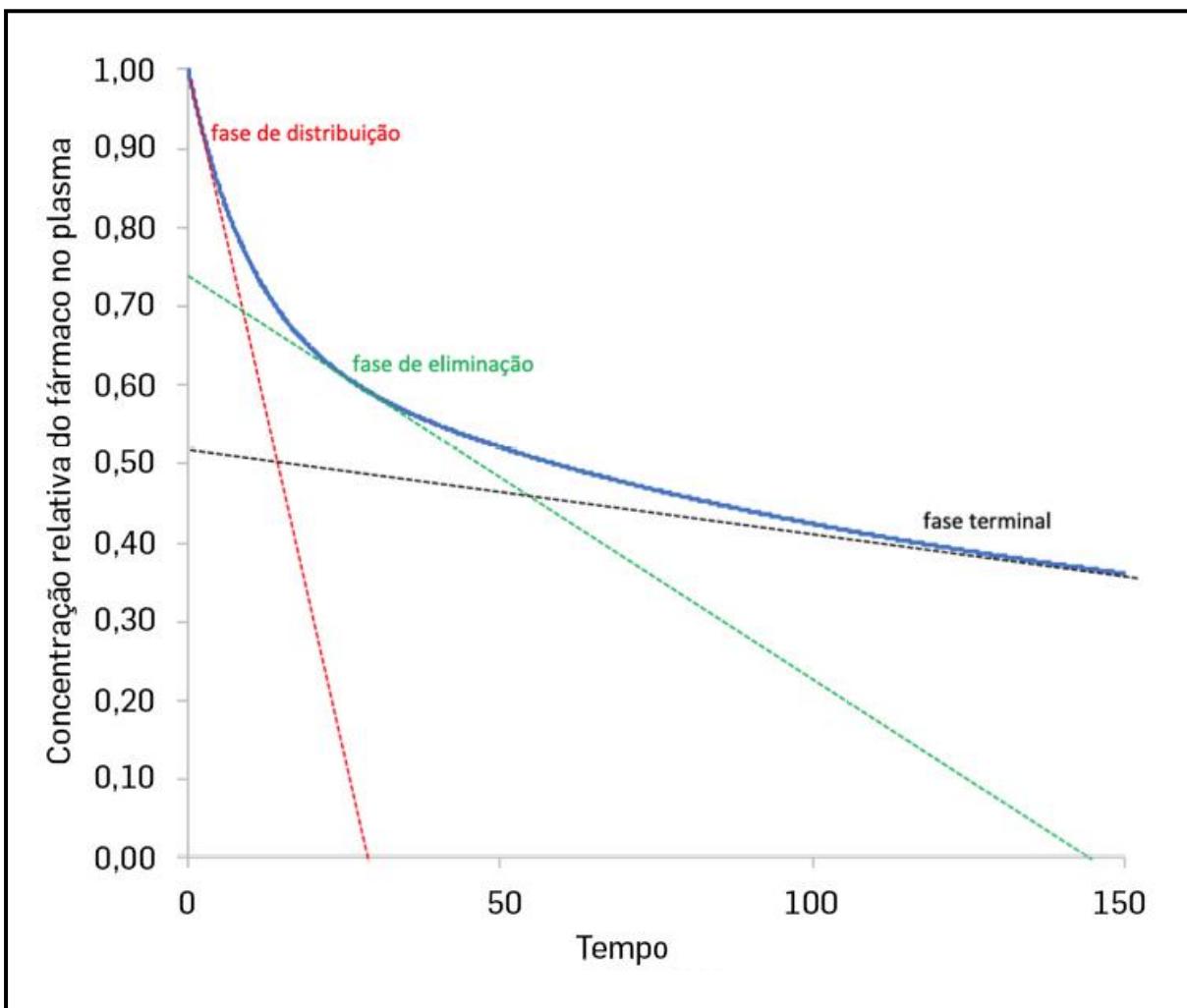
## Multicompartimentais

De fato, a concepção de que a distribuição de um fármaco no organismo ocorre de forma homogênea em todos os tecidos é simplificada demais, e, na prática, essa homogeneidade não é observada. A velocidade de captação do fármaco (VCF) pelos diferentes tecidos varia significativamente, dependendo de vários fatores, como:

- **Fluxo sanguíneo:** Diferentes órgãos e tecidos recebem quantidades variadas de fluxo sanguíneo. Órgãos altamente perfundidos, como coração, pulmões, rins, cérebro e fígado, têm uma captação de fármacos mais rápida. Por outro lado, tecidos com menor perfusão, como músculos, pele e tecido adiposo, apresentam uma captação mais lenta.
- **Volume ou massa tecidual:** A quantidade de fármaco que um tecido pode captar também depende do seu volume ou massa. Tecidos maiores ou mais volumosos podem armazenar mais fármaco.
- **Características físico-químicas do fármaco:** O coeficiente de partição óleo-água, a afinidade do fármaco pelas proteínas teciduais, o pH do meio e o pKa do fármaco influenciam a sua distribuição nos diferentes tecidos.

Devido a essas variabilidades, os modelos multicompartimentais são frequentemente mais adequados para interpretar as transferências e a disposição dos fármacos no organismo. Esses modelos consideram que o corpo é composto por vários compartimentos, cada um com diferentes características de distribuição e eliminação.

Na prática, para determinar se um fármaco segue uma cinética multicompartimental, os dados de concentração plasmática do fármaco ao longo do tempo são transformados em logaritmo natural ("ln") da concentração e plotados versus o tempo. Se o gráfico resultante exibir mais de uma reta (indicando diferentes fases de eliminação ou distribuição), então a cinética é classificada como multicompartimental.



<https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2020/024/>

Gráfico 2

- Reta 1 (*fase de distribuição*) = *compartimento 1*, representa a fase de distribuição do fármaco no organismo, logo após incorporação no plasma.
- Reta 2 (*fase de eliminação*) = *compartimento 2*, representa a fase de eliminação em que o fármaco se encontra a ser eliminado do próprio plasma e tecido magro.
- Reta 3 (*fase de terminal*) = *compartimento 3*, representa a fase terminal em que o fármaco se encontra a ser eliminado muito lentamente pelo resquício acumulado no tecido gordo do corpo.

Maiores informações de como são obtidas as retas 1, 2 e 3 se encontra na página 21 do livro **Farmacocinética Básica e Aplicada** de Storpirtis.

Esse tipo de análise é crucial para entender o comportamento de fármacos que não se distribuem uniformemente pelo corpo, permitindo um ajuste mais preciso das doses e melhorando a eficácia terapêutica.

### **Modelos não Compartimentais**

Os métodos não compartimentais para o cálculo dos parâmetros farmacocinéticos foram desenvolvidos com base na teoria dos momentos estatísticos, que se utiliza da probabilidade estocástica para analisar o comportamento de moléculas de fármacos no organismo. Ao contrário dos modelos compartimentais, que assumem compartimentos específicos e trajetórias previsíveis, os métodos não compartimentais não pressupõem uma estrutura de compartimentos. Em vez disso, eles analisam os dados farmacocinéticos diretamente, sem fazer suposições sobre o número ou a natureza dos compartimentos.

A teoria dos momentos estatísticos foca na probabilidade estocástica, que descreve a evolução aleatória e imprevisível de uma variável ao longo do tempo. Em farmacocinética, essa abordagem leva à pergunta: qual é a probabilidade de uma molécula de fármaco percorrer o organismo e ser eliminada?

A resposta a essa pergunta envolve a análise da residência da molécula no organismo, que se refere ao tempo médio que uma molécula de fármaco permanece no corpo antes de ser eliminada. Na prática, essa residência é expressa por meio de parâmetros como a área sob a curva (ASC ou AUC em inglês) de concentrações plasmáticas do fármaco versus tempo. A AUC é uma medida fundamental que captura a exposição global do organismo ao fármaco ao longo do tempo e é crucial para determinar a eficiência da absorção, distribuição e eliminação do fármaco.

Outro conceito relacionado é o volume de distribuição efetivo (VE), que se refere ao volume aparente em que o fármaco estaria distribuído se a concentração em todo o corpo fosse a mesma que no plasma. Esse parâmetro também é calculado com base na AUC e é utilizado para entender melhor a extensão da distribuição do fármaco no organismo.

Os métodos não compartimentais são amplamente usados na prática clínica e na pesquisa farmacêutica por sua simplicidade e por não requererem suposições específicas sobre a dinâmica compartmental, oferecendo uma forma direta de calcular parâmetros como a meia-vida, a taxa de eliminação e a AUC.

### 3.5 Parâmetros Farmacocinéticos

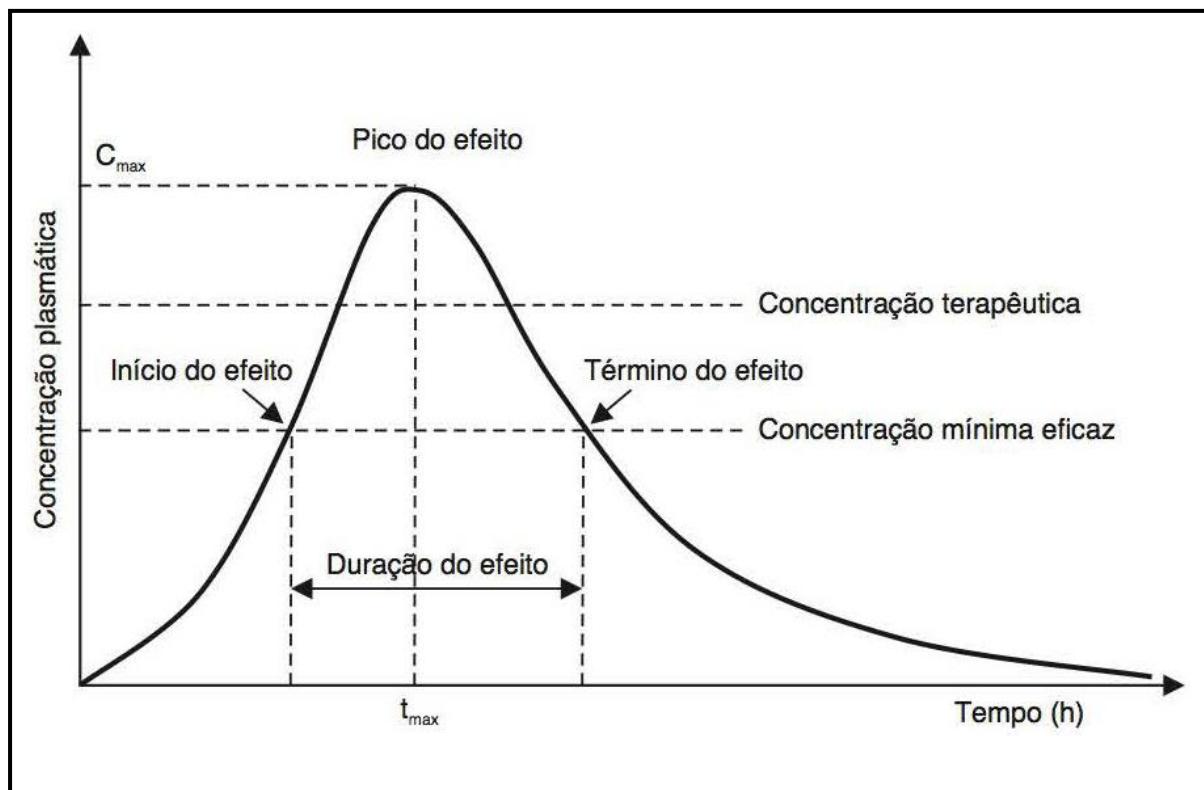
Os parâmetros farmacocinéticos (depuração (clearance), volume de distribuição, meia-vida de eliminação e biodisponibilidade) são fundamentais para entender como um fármaco se comporta no organismo e esses parâmetros ajudam a prever a concentração do fármaco no sangue e nos tecidos ao longo do tempo, permitindo ajustes precisos na dosagem para alcançar o efeito terapêutico desejado.

A concentração plasmática de um fármaco, após a administração de uma dose de ataque, é crucial para determinar o início e a intensidade do seu efeito farmacológico. A dose de ataque é projetada para alcançar rapidamente uma concentração plasmática terapêutica, o que é especialmente importante no início do tratamento para condições que requerem uma resposta imediata.

A **Área Sob a Curva (ASC)** das concentrações plasmáticas versus tempo é uma medida chave na farmacocinética, pois representa a exposição total do organismo ao fármaco ao longo do tempo. Esta medida é usada para caracterizar a absorção, a biodisponibilidade e a eliminação do fármaco. A ASC é particularmente útil para distinguir entre cinética linear e não linear:

- **Cinética linear:** Em condições de cinética linear, a ASC é proporcional à dose administrada. Ou seja, se a dose é duplicada, a ASC também duplicará, mantendo a proporcionalidade.
- **Cinética não linear:** Aqui, a relação entre a dose e a ASC não é proporcional. Isso pode ocorrer devido à saturação dos mecanismos de absorção, distribuição, metabolismo ou excreção do fármaco. Por exemplo, uma pequena alteração na dose pode resultar numa grande mudança na ASC, o que pode influenciar significativamente o efeito terapêutico ou tóxico do fármaco.

A compreensão da ASC é essencial para ajustar as doses de forma a maximizar a eficácia e minimizar os efeitos adversos, sendo uma ferramenta fundamental na personalização do tratamento farmacológico.



Farmacocinética Básica e Aplicada, página 14

Gráfico 3

## Depuração (*Clearance*)

A depuração, ou *clearance*, é um parâmetro farmacocinético que mede a eficiência do organismo na eliminação de um fármaco. Em termos simples, o *clearance* quantifica o volume de plasma que é completamente "limpo" do fármaco por unidade de tempo, geralmente expressa em mililitros por minuto (mL/min) ou litros por hora (L/h). Matematicamente, o *clearance* pode ser definido pela fórmula:

$$CL = \frac{\text{Taxa de eliminação do fármaco}}{\text{Concentração plasmática do fármaco}}$$

A depuração depende de vários fatores, incluindo a função renal, hepática e a circulação do sangue. Um *clearance* alto significa que o organismo é eficiente em eliminar o fármaco, enquanto um *clearance* baixo pode indicar que o fármaco permanece no corpo por um período mais longo, aumentando o risco de toxicidade. Compreender o *clearance* de um fármaco é fundamental para ajustar as doses e garantir a eficácia e segurança do tratamento.

## Volume de distribuição

O volume de distribuição ( $V_d$ ) é um parâmetro farmacocinético que indica a extensão na qual um fármaco se distribui pelos tecidos do corpo em comparação com o plasma. Ele é definido como o volume teórico que seria necessário para conter a quantidade total de fármaco no corpo, à mesma concentração observada no plasma. Matematicamente, o volume de distribuição é calculado pela fórmula:

$$V_d = \frac{\text{Dose administrada}}{\text{Concentração plasmática inicial}}$$

Um  $V_d$  baixo sugere que o fármaco permanece predominantemente no plasma, enquanto um  $V_d$  alto indica que o fármaco se distribui amplamente pelos tecidos do corpo. Este parâmetro é importante na determinação da dose e da frequência de administração de um medicamento.

## Meia-vida de eliminação

A meia-vida de eliminação (ou meia-vida plasmática) é o tempo necessário para que a concentração de um fármaco no plasma seja reduzida à metade de seu valor inicial. Este é um parâmetro fundamental para entender a duração dos efeitos de um medicamento e como ele é removido do organismo. A meia-vida de eliminação está diretamente relacionada ao *clearance* e ao volume de distribuição do fármaco. Ela pode ser calculada pela fórmula:

$$t_{1/2} = \frac{0,693 \times V_d}{CL}$$

- $t_{1/2}$  = meia-vida de eliminação
- $V_d$  = volume de distribuição
- $CL$  = clearance

Uma meia-vida longa significa que o fármaco permanece no organismo por um tempo prolongado, o que pode exigir intervalos maiores entre as doses ou cuidados especiais em pacientes com problemas de eliminação. Por outro lado, uma meia-vida curta indica que o fármaco é rapidamente eliminado, podendo necessitar de doses mais frequentes para manter níveis terapêuticos. A compreensão da meia-vida de um fármaco é crucial para definir o regime de dosagem adequado e garantir a eficácia do tratamento, minimizando o risco de efeitos adversos. A meia-vida pode ser ainda calculada por outra fórmula:

$$C(x) = C_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$$

- $C$  = concentração do fármaco (mg)
- $C_0$  = concentração inicial do fármaco (mg)
- $x$  = variação de tempo (horas)

## Biodisponibilidade

A biodisponibilidade é um parâmetro farmacocinético que mede a fração de uma dose administrada de um fármaco que atinge a circulação sistêmica em sua forma ativa e a velocidade com que isso ocorre. Este conceito é especialmente importante para medicamentos administrados por via oral, pois eles precisam ser absorvidos pelo trato gastrointestinal antes de chegarem à corrente sanguínea.

A biodisponibilidade é expressa como uma porcentagem da dose administrada. Se um fármaco é administrado por via intravenosa, sua biodisponibilidade é considerada 100%, pois ele entra diretamente na circulação sistêmica. No entanto, para outras vias de administração, como a oral, a biodisponibilidade pode ser menor devido a fatores como absorção incompleta e metabolismo de primeira passagem (quando o fármaco é metabolizado pelo fígado antes de alcançar a circulação sistêmica). A fórmula para calcular a biodisponibilidade relativa ( $F$ ) de um fármaco administrado por via não intravenosa em comparação com a via intravenosa é:

$$F = \left( \frac{AUC_{oral}}{AUC_{iv}} \right) \times \left( \frac{Dose_{iv}}{Dose_{oral}} \right) \times 100$$

Onde:

- $AUC$  é a área sob a curva da concentração plasmática versus tempo.

A compreensão da biodisponibilidade é essencial para o desenvolvimento de medicamentos e para o ajuste de doses, garantindo que uma quantidade suficiente do fármaco alcance o local de ação no organismo.

## 4 METODOLOGIA

A proposta é utilizar modelagem matemática em farmacocinética, com o objetivo de praticar o conceito de funções exponenciais e logarítmicas. A proposta envolverá alunos de duas turmas da 3<sup>a</sup> série do ensino médio em um CIEP de Nova Iguaçu.

Uma das duas turmas será a Turma Experimental, com o objetivo de ensinar funções exponenciais e logarítmicas através da modelagem matemática em farmacocinética, com foco em medicamentos utilizados e/ou conhecidos pelos alunos e suas famílias.

A outra turma será a Turma Controle, com o objetivo de ensinar funções exponenciais e logarítmicas utilizando uma abordagem tradicional. Utilizando estas duas metodologias pretendemos avaliar a eficácia do ensino contextualizado versus o ensino tradicional.

### 4.1 Turma Experimental

#### 1<sup>a</sup> Aula: Introdução ao Problema

- Introduzir funções exponenciais e logarítmicas, explicando a sua relevância.
- Apresentar aos alunos a importância da farmacocinética e como a matemática é utilizada para modelar a eficácia dos medicamentos. Exemplos de medicamentos comuns (aspirina, dipirona, etc.) que eles, seus pais e avós utilizam.
- Para coleta de dados vamos aplicar um questionário para identificar os medicamentos mais comuns usados pelos alunos e suas famílias, também será perguntado sobre o uso contínuo de medicamentos e sobre suas dosagens utilizadas. Para serem entregue na 2<sup>a</sup> aula e este questionário será utilizado na preparação de atividades da 3<sup>a</sup> aula.

**2ª Aula:** Contextualização

- Discutir as propriedades de funções exponenciais e logarítmicas.
- Resolver problemas práticos de farmacocinética, como a determinação da meia-vida de um medicamento e o tempo necessário para que um medicamento faça efeito no organismo.
- Comparar os efeitos de diferentes dosagens e intervalos de administração

**3ª Aula:** Discussão e Reflexão

- Discutir os resultados das atividades e como eles se relacionam com a vida cotidiana.
- Incentivar os alunos a refletirem sobre a importância de tomar medicamentos de forma responsável.

**4ª Aula:** Avaliação

- Aplicação de um teste com conteúdo de questões teóricas sobre funções exponenciais e logarítmicas, com problemas práticos de farmacocinética para avaliar a aplicação dos conceitos aprendidos.

## 4.2 Turma Controle

### 1ª Aula: Introdução

- Apresentar definições e propriedades das funções exponenciais e logarítmicas.

### 2ª Aula: Aula Tradicional

- Ensinar a resolução de equações exponenciais e logarítmicas de maneira teórica.

### 3ª Aula: Atividades de Exercícios

- Resolver exercícios padrão de funções exponenciais e logarítmicas sem contextualização direta com problemas de farmacocinética.

### 4ª Aula: Avaliação

- Aplicação de um teste com conteúdo de questões teóricas sobre funções exponenciais e logarítmicas, com problemas práticos de farmacocinética para avaliar a aplicação dos conceitos aprendidos.

## 4.3 Termos de Anuênciа, Assentimento e Consentimento

Antes de iniciar a pesquisa com seres humanos, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética na Pesquisa (CEP) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). O projeto consta com os seguintes documentos:

- TAI (Termo de Anuênciia Institucional): Documento que autoriza a realização da pesquisa na instituição.
- TALE (Termo de Assentimento Livre e Esclarecido): Documento de consentimento para menores de idade, se aplicável.
- TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido): Documento de consentimento para adultos ou responsáveis pelos menores participantes, conforme recomendado por Mattos (2024, v. 2, p. 166), para autorizar a divulgação dos dados produzidos.

#### **4.4 Análise Qualitativa**

Aplicação de um questionário inicial na turma experimental para obter informações sobre os medicamentos usados pelos alunos e suas famílias. Esse questionário ajudará a contextualizar as atividades da turma experimental.

Resoluções de problemas práticos de farmacocinética com a turma experimental. Como a determinação da meia-vida de um medicamento e o tempo necessário para que um medicamento faça efeito no organismo.

Resolução de exercícios com a turma controle de equações exponenciais e logarítmicas de maneira teórica e tradicional.

Aplicação de um teste nas duas turmas (experimental e controle) com conteúdo de questões teóricas sobre funções exponenciais e logarítmicas e com problemas práticos de farmacocinética para avaliar a aplicação dos conceitos aprendidos.

Analisar qualitativamente as respostas e o desempenho dos alunos, comparando os resultados das duas turmas (experimental e controle) para determinar a eficácia de cada metodologia.

## 5 APLICAÇÕES NO ENSINO

Aplicações no Ensino referem-se à utilização de métodos, estratégias, ferramentas e recursos diversos com o objetivo de melhoria do processo educacional. Essas aplicações podem englobar desde técnicas pedagógicas tradicionais até o uso de tecnologias avançadas, como plataformas digitais e inteligência artificial, para tornar a aprendizagem mais eficiente, interativa e adaptada às necessidades individuais dos alunos. O principal objetivo é facilitar a transmissão de conhecimento, estimular o engajamento estudantil e melhorar os resultados educacionais.

A primeira aula das turmas experimental e controle vamos abordar as propriedades e as definições das funções exponenciais e logarítmica. Sendo que na turma controle iremos abordar exemplos de gráficos de forma tradicional. Já na turma experimental abordaremos exemplos de gráficos com auxílio do GeoGebra (Gráfico 5, 7 e 8). Ainda com a turma experimental aplicaremos um questionário inicial para ser entregue na segunda aula (Atividade 1).

A segunda aula da turma experimental aplicaremos problemas (Atividade 2) que contextualiza com a farmacocinética, utilizando planilhas feitas no Excel® (Planilha 1) e o aplicativo GeoGebra (Gráfico 11), para interpretação dos problemas. Já na segunda aula da turma controle será abordada aula tradicional sobre equações exponenciais e logarítmicas.

A terceira aula da turma experimental discutiremos o questionário inicial e responderemos um formulário (Atividade 3) com reflexão sobre o tema farmacocinética, funções exponenciais e logarítmicas. Já na turma controle faremos exercícios sobre o conteúdo (Atividade 4).

A quarta aula das turmas experimental e controle serão submetidas a uma avaliação (Atividade 5) dos conteúdos que foram propostos a turmas experimental e controle, para serem comparadas e analisadas qualitativa. No final será aplicado um questionário na turma experimental com objetivo de saber se os alunos se sentiram mais motivados em compreenderam melhor o conteúdo matemático abordado, utilizando recursos computacionais e aplicações do conteúdo abordado em sala de aula no seu cotidiano (Atividade 6).

### 5.1 Função Exponencial e Logarítmica

Função exponencial é uma função em que a incógnita se encontra no expoente e pode ser escrita como:  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^*$ , tal que  $f(x) = a^x$ , sendo que  $a > 0$  e  $a \neq 1$ . Sendo uma função dos reais para os reais positivos, menos o zero, a função exponencial terá base  $a$  ao só poderá assumir valores positivos diferentes de zero.

#### Função exponencial crescente ( $a > 1$ )

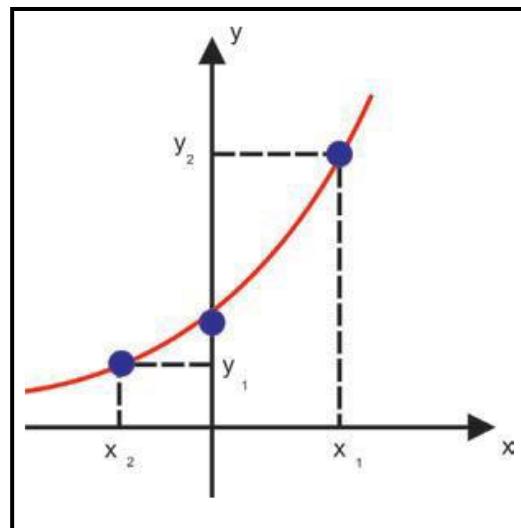


Gráfico 4

**Exemplo:** Veja o esboço do gráfico da função  $g(x) = 2^x$ .

$x$	$g(x) = 2^x$
-3	$\frac{1}{8}$
-2	$\frac{1}{4}$
-1	$\frac{1}{2}$
0	1
1	2
2	4
3	8

Tabela 1

- Gráfico construído em: <https://www.geogebra.org/classic/cekgbmsd>

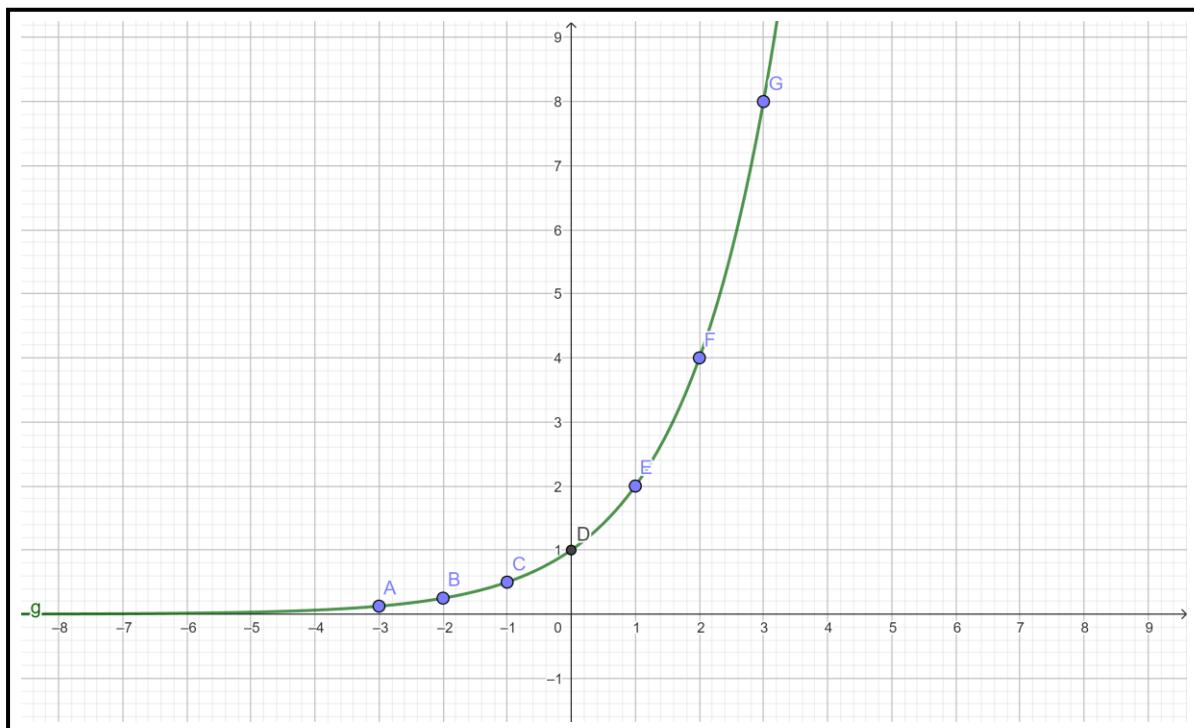


Gráfico 5

### Função exponencial decrescente ( $0 < a < 1$ )

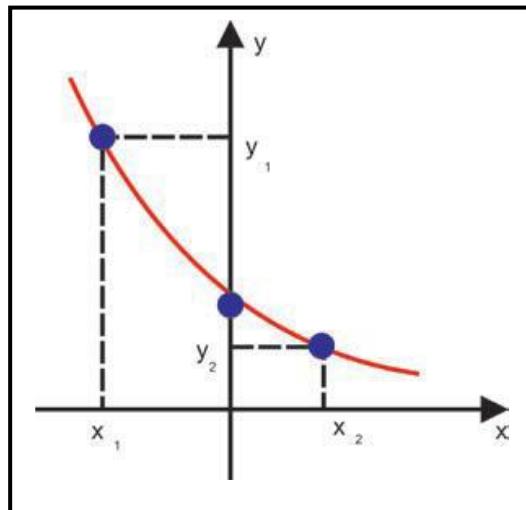


Gráfico 6

**Exemplo:** Veja o esboço do gráfico da função  $h(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^x$ .

$x$	$h(x) = \left(\frac{1}{2}\right)^x$
-3	8
-2	4
-1	2
0	1
1	$\frac{1}{2}$
2	$\frac{1}{4}$
3	$\frac{1}{8}$

Tabela 2

- Gráfico construído em: <https://www.geogebra.org/classic/eckuytqt>

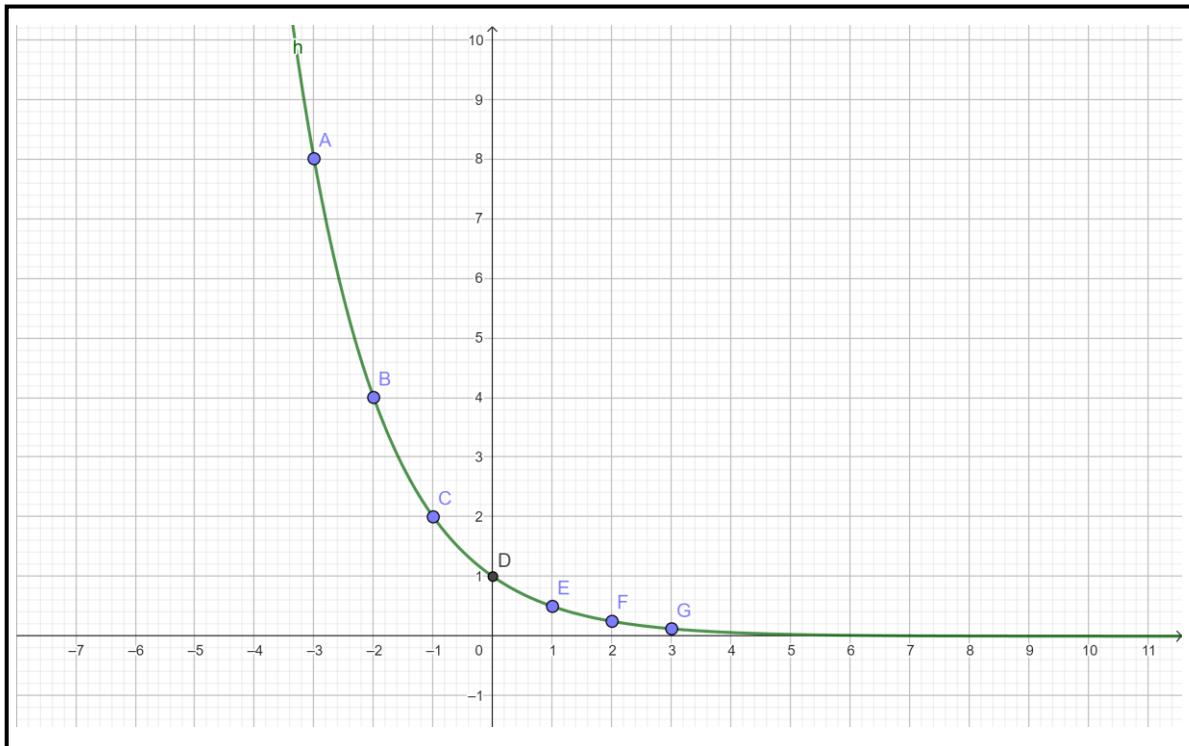


Gráfico 7

## Função Logarítmica

A função  $f: \mathbb{R}^* \rightarrow \mathbb{R}$  definida por  $f(x) = \log_a(x)$ , com  $a > 0$  e  $a \neq 1$ , é denominada função logarítmica de base  $a$ . Sendo a função logarítmica uma função inversa da função exponencial  $f(x) = f^{-1}(x)$ , tal que  $f(x) = \log_a(x) \Leftrightarrow f(x) = a^x$  (é a função exponencial definida na base  $a$ ).

**Exemplo:** Veja o esboço do gráfico da função  $f(x) = \log_2(x)$ .

x	$f(x) = \log_2(x)$
-1	0,5
1	0
2	1
4	2
8	3

Tabela 3

- Gráfico construído em: <https://www.geogebra.org/classic/b98vuwhm>

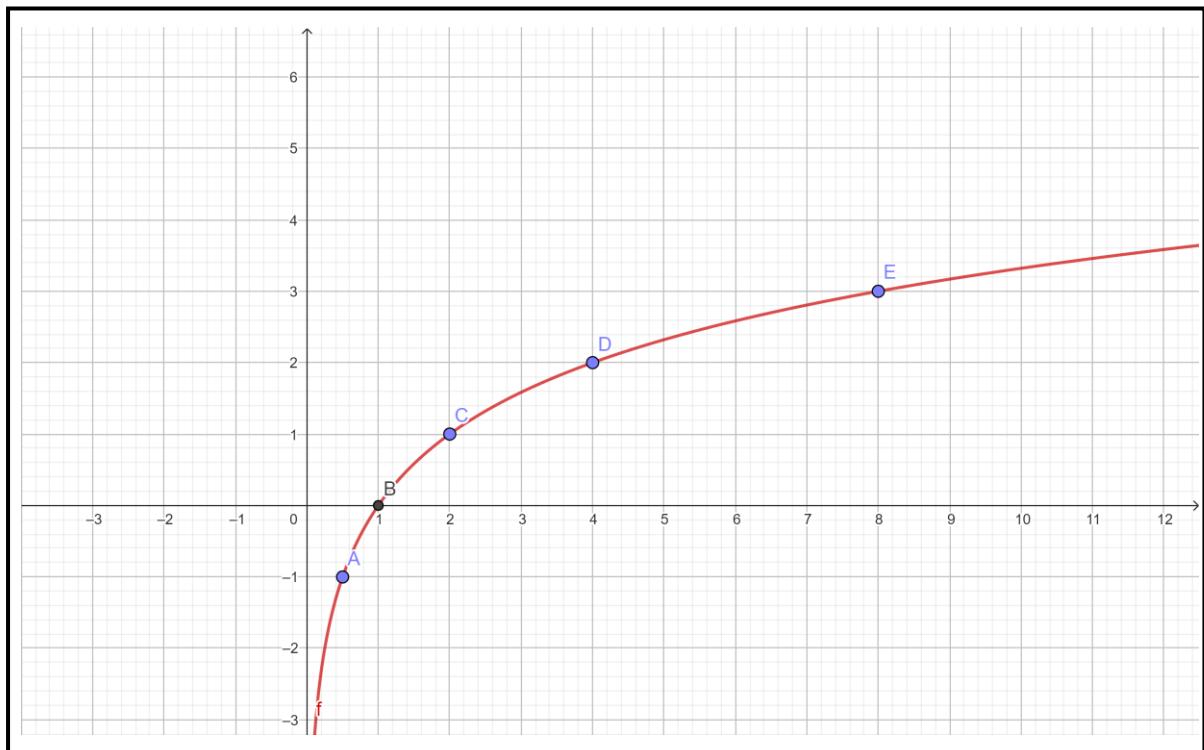


Gráfico 8

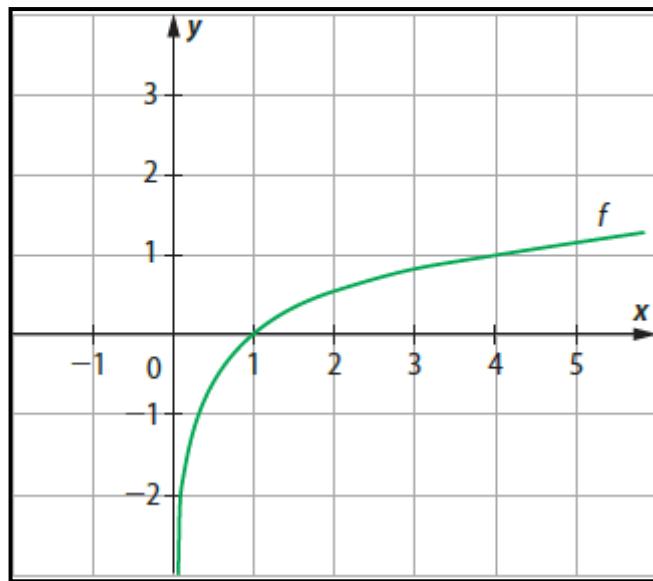
**Função logarítmica crescente ( $a > 1$ )**

Gráfico 9

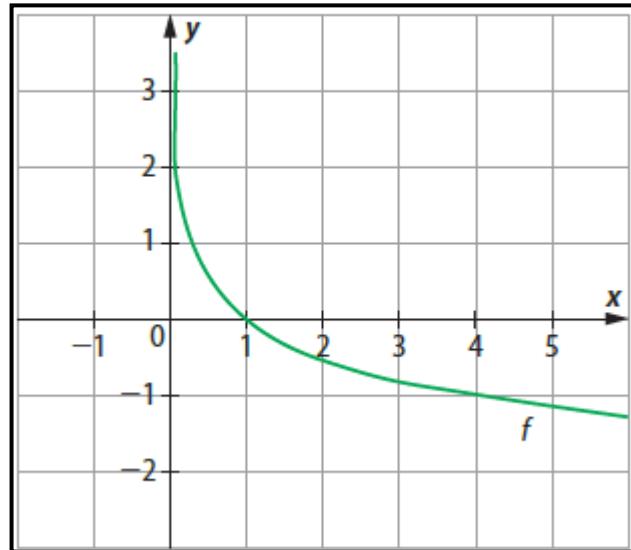
**Função logarítmica decrescente ( $0 < a < 1$ )**

Gráfico 10

**QUESTIONÁRIO INICIAL**

1. Nome: \_\_\_\_\_

2. Quantas pessoas moram com você (incluindo você)? \_\_\_\_\_

3. Quais medicamentos você ou sua família usam?

---

---

4. Você conhece a dosagem correta desses medicamentos?

---

---

5. Já recebeu orientação médica o uso desses medicamentos?

---

---

6. Algum membro da sua família faz uso contínuo de algum medicamento?

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

---

7. De acordo com as respostas da questão 5 descreva frequência e a dosagem de cada um desses medicamentos.

---

---

## 5.2 Contextualização

### PROBLEMAS PRÁTICOS DE FARMACOCINÉTICA

1. Calcule a concentração do medicamento 1 no sangue após 5 horas, dado que a concentração inicial é 10 mg e a meia-vida é de 1 hora.

- Fórmula para cálculo da meia vida de medicamentos  $f(x) = mg \left(\frac{1}{2}\right)^x$

Variável	Valores atribuídos
$f(x)$	Concentração medicamentosa no organismo
$mg$	Miligramas do medicamento
$x$	Tempo em que se deseja saber a concentração

2. Determine o tempo necessário para que a concentração do medicamento 2 atinja 25% da dose inicial, se a meia-vida é de 3 horas.
- Considere a concentração inicial igual a 200 mg
3. Compare os efeitos de duas dosagens diferentes de um medicamento administrado a cada 2 horas.
- Complete a tabela para comparação

Meia vida do fármaco			
Farmaco	Dose (mg)	Tempo (minutos)	Concentração (mg)
Medicamento 1			
Medicamento 2			

- Utilize (medicamento 1) com a dosagem da questão 1
- Utilize (medicamento 2) com a dosagem da questão 2

Atividade 2

## GeoGebra

Gráfico construído em: <https://www.geogebra.org/classic/sqyjvhsk>, para a fórmula do cálculo de meia vida  $f(x) = mg \left(\frac{1}{2}\right)^x$ , sendo  $x > 0$ .

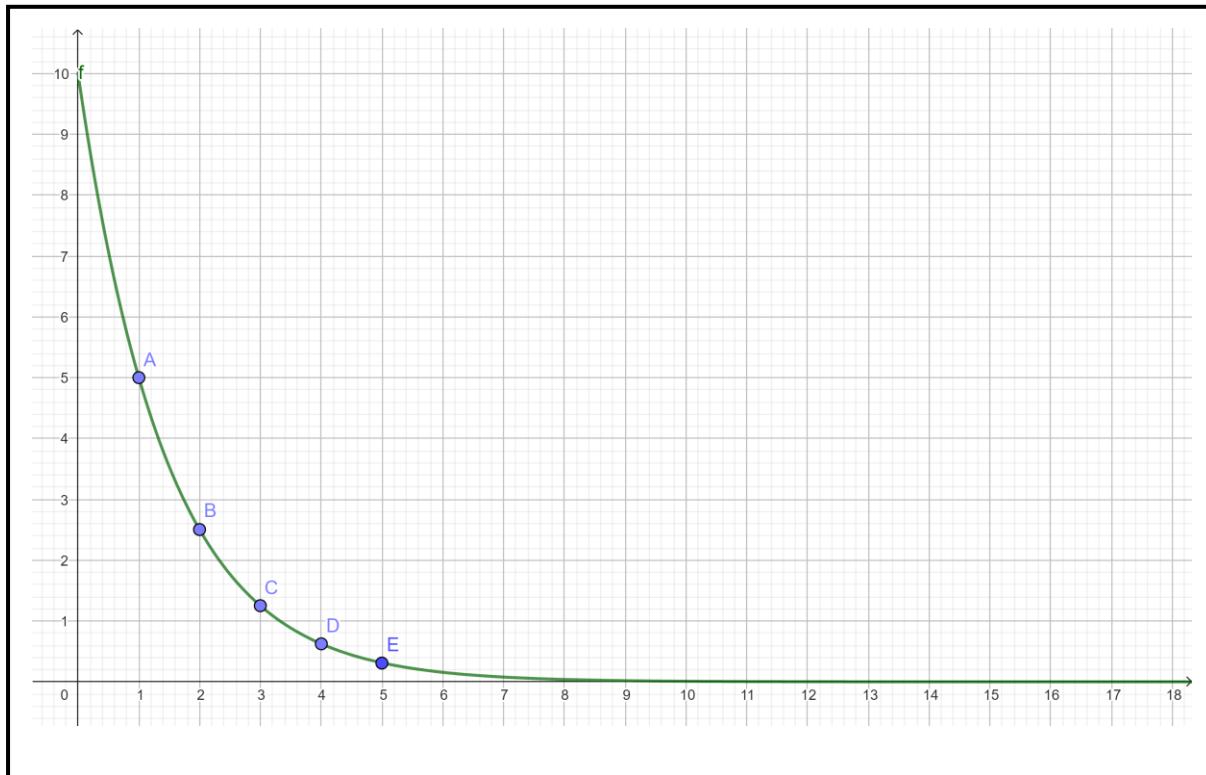


Gráfico 11

## Excel®

Planilha construída em: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ULYI-N-XYuJKq0nc1RdQyO8abEFI3T8/edit?gid=1945940040#gid=1945940040>, para a tabela comparativa da meia vida de medicamentos segundo a sua bula.

Meia Vida do Farmaco			
Farmaco	Dose (mg)	Tempo (minutos)	Concentração (mg)
Ácido Acetilsalicílico	100	180	50
Paracetamol	750	180	375
Buscopan	100	360	50
Buscopan	400	600	200
Losartana Potássica	100	480	50

Planilha 1

### 5.3 Aula Tradicional

#### Equações Exponenciais

Uma equação é caracterizada por ter uma igualdade e a presença de uma ou mais incógnitas. Uma equação exponencial é uma equação em que a incógnita encontra-se no expoente.

$$a^{x_1} = a^{x_2} \Leftrightarrow x_1 = x_2$$

#### Exemplo 1: $5^x = 625$

Para encontrar o valor que x é preciso fatorar 625. Fatorar é dividir um número por fatores primos.

$$625 = 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 = 5^4$$

Assim,  $625 = 5^4$ , comparando essa fatoração com a equação, percebemos que  $x=4$ .

#### Exemplo 2: $(2^{x+8})^x = 512$

Fatorando 512 temos  $2^9$  que, portanto  $(2^{x+8})^x = 2^9$ , como as duas bases dos dois lados da igualdade são iguais, os expoentes serão iguais para que a igualdade seja verdadeira. Dessa forma:

$$(x + 8) \cdot x = 9$$

$$x^2 + 8x - 9 = 0$$

Resolvendo a equação do segundo grau, para  $x_1$  e  $x_2$  temos 1 e -9, respectivamente. Como x também é a incógnita da equação exponencial, podemos concluir que a solução da equação exponencial será:

$$\text{Solução} = \{-9; 1\}$$

## Logaritmo

Temos em que  $a$  é base e  $a > 0$  e  $a \neq 1$  e o  $b$  é o logaritmando e  $b > 0$ . Na igualdade  $\log_a b = x$ , lê-se: o logaritmo ou  $\log$  de  $b$  na base  $a$  é igual a  $x$ , em que  $b$  é o logaritmando,  $a$  é base e  $x$  é o logaritmo.

$$\boxed{\log_a b = x \Leftrightarrow a^x = b}$$

## Propriedades de definições do logaritmo

$$\log_a 1 = 0$$

$$\log_a a = 1$$

$$\log_a a^m = m$$

$$a^{\log_a b} = b$$

$$\log_a b = \log_a c \Leftrightarrow b = c$$

## Propriedades operatórias do logaritmo

$$\log_a (b \cdot c) = \log_a b + \log_a c$$

$$\log_a \frac{b}{c} = \log_a b - \log_a c$$

$$\log_a b^n = n \cdot \log_a b$$

## Mudança de Base

$$\log_a b = \frac{\log_c b}{\log_c a}$$

## Relação de Unidade de Tempo

- 1 minuto = 60 segundos
- 1 hora = 60 minutos
- 1 dia = 24 horas

## Equações Logarítmicas

Chamam-se equações logarítmicas toda equação que envolve logaritmos com a incógnita aparecendo no logaritmando, na base ou em ambos.

**Exemplo:**  $\log_3 (x + 5) = 2$

Primeiro devemos ver a condição de existência:

$$x + 5 > 0$$

$$x > -5$$

$$\log_3 (x + 5) = 2$$

$$x + 5 = 3^2$$

$$x = 9 - 5$$

$$x = 4$$

Como  $x = 4$  satisfaz a condição de existência, então a solução é  $S = \{4\}$ .

## 5.4 Discussão e Reflexão

A **discussão e reflexão** são processos complementares que desempenham papéis fundamentais no desenvolvimento do pensamento crítico e na resolução de problemas. Vamos explorar as duas no contexto de como se aplicam ao nosso crescimento intelectual e social.

### Discussão

A discussão envolve a troca ativa de ideias entre duas ou mais pessoas. É através da discussão que as perspectivas diferentes podem ser confrontadas, permitindo um exame profundo de um determinado assunto. Ela pode ser formal, como num debate académico, ou informal, como numa conversa entre amigos.

#### Elementos chave de uma boa discussão:

- **Respeito mútuo:** Uma discussão produtiva só acontece quando os participantes respeitam as ideias uns dos outros, mesmo que discordem.
- **Escuta ativa:** Ouvir genuinamente o que os outros têm a dizer, sem antecipar respostas, é fundamental para enriquecer a troca.
- **Fundamentação:** Usar fatos, evidências e argumentos racionais fortalece a discussão, evitando que se torne um confronto de opiniões pessoais sem base sólida.
- **Abertura para aprender:** A discussão deve ser vista como uma oportunidade para expandir os horizontes e não apenas para "vencer" o outro.

## Reflexão

Após uma discussão, a reflexão entra em cena como um processo interno, em que se analisa o que foi dito, como reagimos, e o impacto que as ideias discutidas tiveram em nós. É uma fase de introspeção, onde tentamos extrair as lições mais importantes.

### Importância da reflexão:

- **Autoconsciência:** Refletir permite que nos conheçamos melhor, percebendo como nossos valores e crenças influenciam a forma como lidamos com diferentes questões.
- **Crescimento pessoal:** Ao questionar as nossas próprias ideias e reações, podemos evoluir, corrigindo preconceitos e aprimorando o nosso pensamento crítico.
- **Aplicação prática:** A reflexão também nos ajuda a aplicar o que aprendemos numa discussão, adaptando essas lições à nossa vida cotidiana.

### A interação entre Discussão e Reflexão

As discussões fornecem o material bruto para a reflexão. Quando nos envolvemos em diálogos significativos, adquirimos novas perspectivas e informações que depois podemos processar, amadurecer e transformar em conhecimento útil. Por exemplo, numa discussão sobre ética no trabalho, podemos confrontar diferentes valores, mas é na reflexão que vamos avaliar como aqueles valores se aplicam ao nosso comportamento e se há algo que podemos melhorar na nossa conduta. Esses dois processos são fundamentais para o crescimento pessoal e para a evolução de uma sociedade, promovendo o diálogo construtivo e a melhoria contínua.

## FORMULÁRIO

1. Nome: \_\_\_\_\_

2. Cite dois exemplos de situações em que a farmacocinética é crucial no ajuste de doses em pacientes. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. O que aprendeu sobre a aplicação de funções exponenciais e logarítmicas na farmacocinética? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Como essas funções influenciam na administração de medicamentos?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Quais conceitos ainda estão confusos ou que despertaram mais interesse para aprofundamento? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 5.5 Atividades

### EXERCÍCIOS

1. Classifique as funções em crescente ou decrescente:

(a)  $f(x) = (10)^x$

(b)  $f(x) = (0,8)^x$

(c)  $f(x) = \log_3 (x)$

(d)  $f(x) = \log_{0,2} (x)$

2. Resolva as equações exponenciais:

(a)  $2^{x+5} = 1024$

(b)  $5^{x^2 - 7x + 12} = 1$

(c)  $9^x - 12 \cdot 3^x + 27 = 0$

3. Calcule o valor de x nos logaritmos:

(a)  $\log_2 x = 7$

(b)  $\log_x 8 = 3$

(c)  $\log_9 81 = x$

4. Resolva as equações logarítmicas:

(a)  $\log_5 3 + \log_5 (x + 2) = \log_5 15$

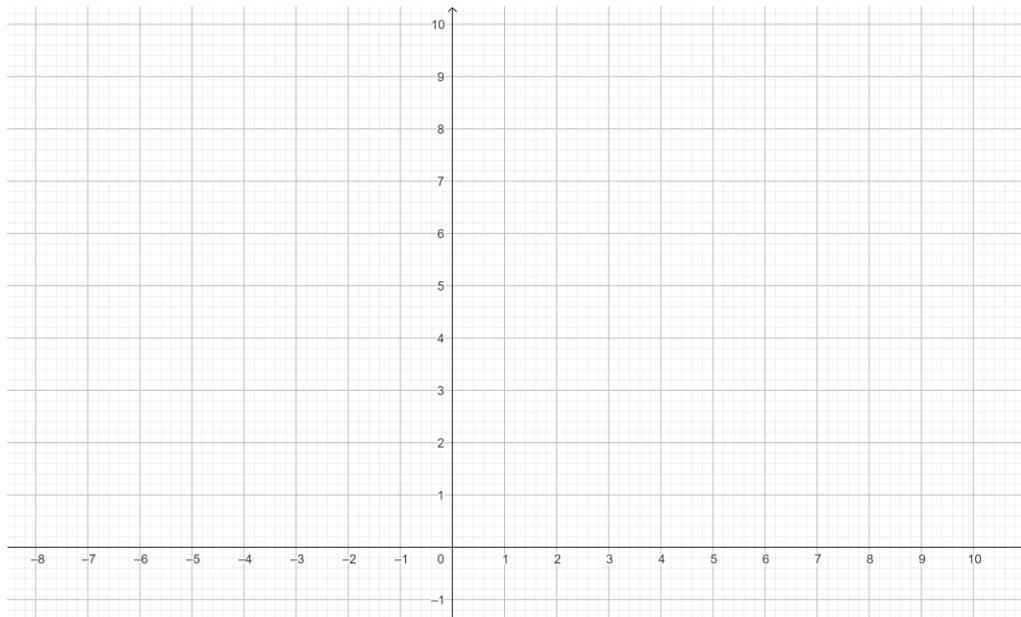
(b)  $\log (x + 5) - \log 2 = \log 6$

5. Dados  $\log 2 = 0,3010$  e  $\log 3 = 0,4771$ , calcule  $\log 144$ .

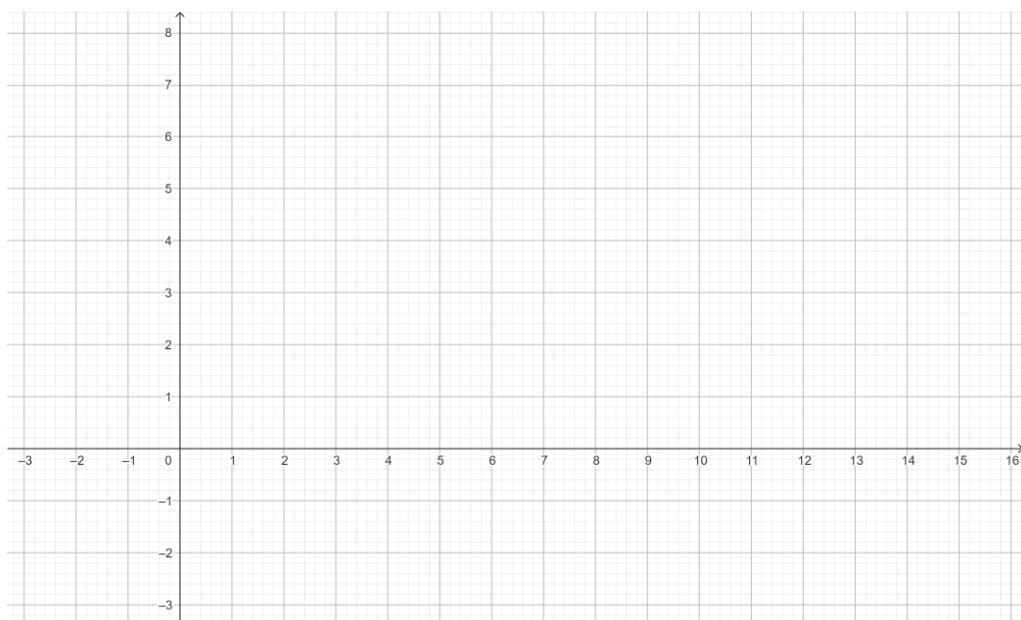
## 5.6 Avaliação

### QUESTÕES TEÓRICAS

1. Esboce o gráfico da função  $f(x) = 3^x$ , calculando os pontos:  $x = -1$ ,  $x = 0$ ,  $x = 1$  e  $x = 2$ .



2. Construa o gráfico da função  $f(x) = \log_2(x)$ , calculando os pontos:  $x = 1$ ,  $x = 2$ ,  $x = 4$  e  $x = 8$ .



3. Resolva a equação  $25^{2x+2} = (1/5)^{5x-1}$ .
4. Calcule o valor de  $x$  na equação  $\log_3(x-1) = 2$ .
5. (Enem/MEC) O governo de uma cidade está preocupado com a possível epidemia de uma doença infectocontagiosa causada por bactéria. Para decidir que medidas tomar, deve calcular a velocidade de reprodução da bactéria. Em experiências laboratoriais de uma cultura bacteriana, inicialmente com 40 mil unidades, obteve-se a fórmula para a população:

$$p(t) = 40 \cdot 2^{3t}$$

em que  $t$  é o tempo, em hora, e  $p(t)$  é a população, em milhares de bactérias. Em relação à quantidade inicial de bactérias, após 20 min, a população será:

- a) reduzida a um terço.
- b) reduzida à metade.
- c) reduzida a dois terços.
- d) duplicada.
- e) triplicada.

**QUESTIONÁRIO FINAL**

1. Nome: \_\_\_\_\_
2. Sentiu-se mais motivado(a) para aprender matemática com o uso de recursos computacionais como por exemplo: Geogebra e Excel?  
 sim       não
3. Acha que o uso de recursos computacionais ajudou a reduzir as dificuldades em Matemática?  
 sim       não
4. Abordando o conteúdo através de aulas temáticas (farmacocinética no nosso caso especial), sentiu que compreendeu melhor os conceitos matemáticos?  
 sim       não
5. Na sua opinião, o uso de aulas temáticas deveria ser mais utilizados nas aulas de Matemática?  
 sim       não
6. Gostaria de deixar algum comentário ou sugestão sobre as aulas de matemática temáticas e o uso de tecnologia? Que tipos temas. gostariam que sejam abordados, para explicar os conceitos matemáticos?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 5.7 Recurso Educacional

### Aplicação do GeoGebra e Excel® nas funções exponencial e logarítmica usando a farmacocinética

Nosso Recurso Educacional (que se encontra na plataforma EDUCAPES) consiste em utilização do GeoGebra e do Excel® para uma compreensão mais profunda das funções exponenciais e logarítmicas, proporcionando tanto uma visão algébrica quanto gráfica. Onde vamos explorar como cada uma delas pode ser utilizada para compreender melhor estas funções. Sendo uma Sequência Didática e um Canal do YouTube como tipo de Recurso Educacional.

#### Sequência Didática

- Função exponencial e logarítmica (definição, propriedades e gráficos)
- Equação exponencial e logarítmica (definições e propriedades)
- Aplicação de função exponencial e logarítmica (utilizando o GeoGebra e Excel®)
- Problemas práticos de farmacocinética (cálculo de meia-vida)

#### Canal do YouTube da Matemática Franca com Fábio França

- O canal oferece explicações claras e didáticas, sendo uma ótima ferramenta tanto para estudantes como para professores e também para divulgação para conteúdos matemáticos, mostrando que a matemática pode ser muito útil e não tão complicada quanto a maioria das pessoas imaginam.

<https://www.youtube.com/@matematica.franca>

## 6 ANÁLISE DOS CASOS

Neste capítulo faremos uma análise quantitativa e qualitativa das atividades propostas no capítulo 5. Destacamos que estas atividades foram aplicadas em duas turmas da 3<sup>a</sup> série do ensino médio, uma turma controle e outra turma experimental.

### 6.1 Caso 1 (Turma Controle)

Na terceira aula da turma controle foi feito uma atividade de exercícios para fixar o conteúdo. Sendo que na quarta aula da mesma turma foi aplicada uma avaliação com 5 questões (que se encontra nas páginas 66 e 67 do capítulo 5), para ter um diagnóstico da aprendizagem da mesma. Com isso obtemos os seguintes resultados da avaliação. Foram 26 alunos avaliados, com os seguintes resultados.

- **Questão 1:** obteve 1 acerto, com isso mostra que 96,15% tem dificuldade com gráfico em função exponencial.
- **Questão 2:** obteve 1 acerto, isso mostra que 96,15% não sabem fazer gráfico de função logarítmica.
- **Questão 3:** 5 alunos acertaram a resposta sem erro de sinal e 19 acertaram com erro de sinal, implicando em que 92,69% sabem resolver a equação exponencial, porém com dificuldade em regra de sinais.
- **Questão 4:** 21 aluno acertaram a resposta sem erro de sinal e 1 acertou com erro de sinal, sendo assim 91,92% de acertos, não tiveram dificuldade de resolver a equação logarítmica.
- **Questão 5:** 23 alunos acertaram a questão de um problema prático do cotidiano, com um percentual de 91,15%, os alunos não tiveram problemas para interpretar o raciocínio lógico do problema.

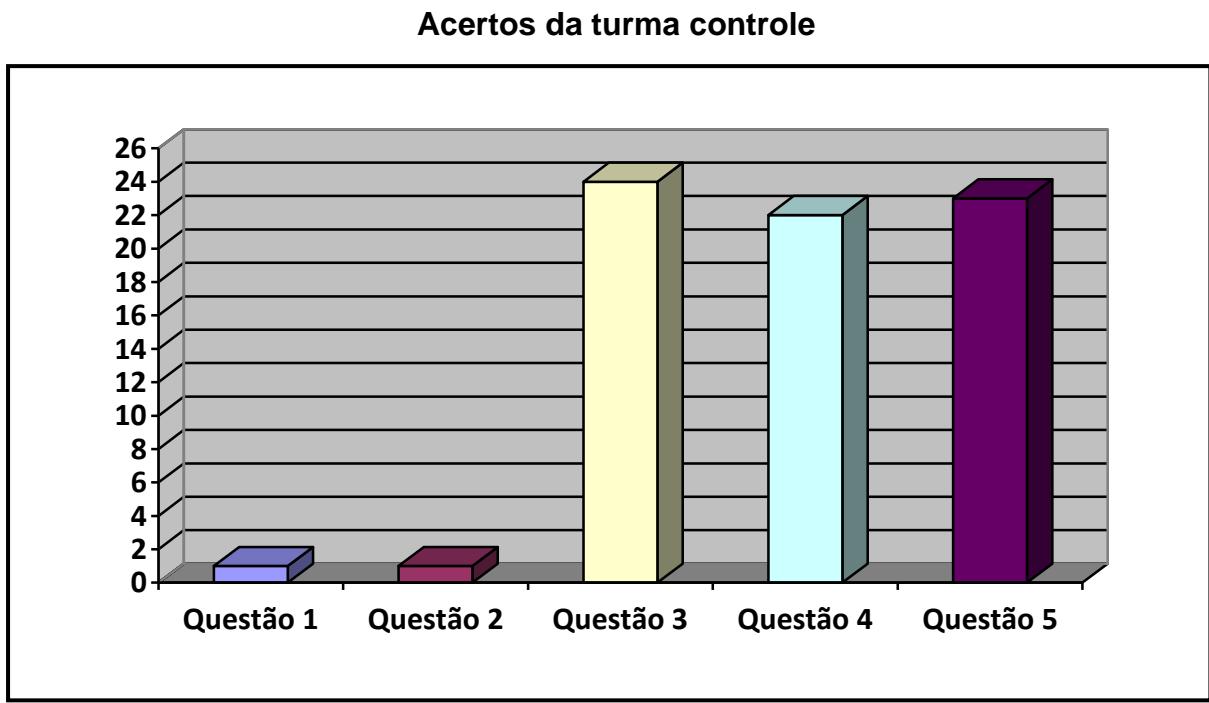


Gráfico 12

## 6.2 Caso 2 (Turma Experimental)

Na segunda aula da turma experimental foi feito uma atividade de contextualização do conteúdo. Sendo que na quarta aula da mesma turma foi aplicada uma avaliação com 5 questões (que se encontra nas páginas 59 e 60 do capítulo 5), para ter um diagnóstico da aprendizagem da mesma. Com isso obtemos os seguintes resultados da avaliação. Foram 5 alunos avaliados, com os seguintes resultados.

- **Questão 1:** obteve 5 acertos, com isso mostra que os alunos compreenderam como construir gráfico em função exponencial.
- **Questão 2:** obteve 4 acertos, isso mostra que 20% não sabem fazer gráfico de função logarítmica.
- **Questão 3:** 4 alunos acertaram, implicando em que 80% sabem resolver a equação exponencial.
- **Questão 4:** 5 alunos acertaram, sendo assim não tiveram dificuldade de resolver a equação logarítmica.
- **Questão 5:** 5 alunos acertaram a questão de um problema prático do cotidiano, com isso os alunos não tiveram problemas para interpretar o raciocínio lógico do problema.

**Acertos da turma experimental**

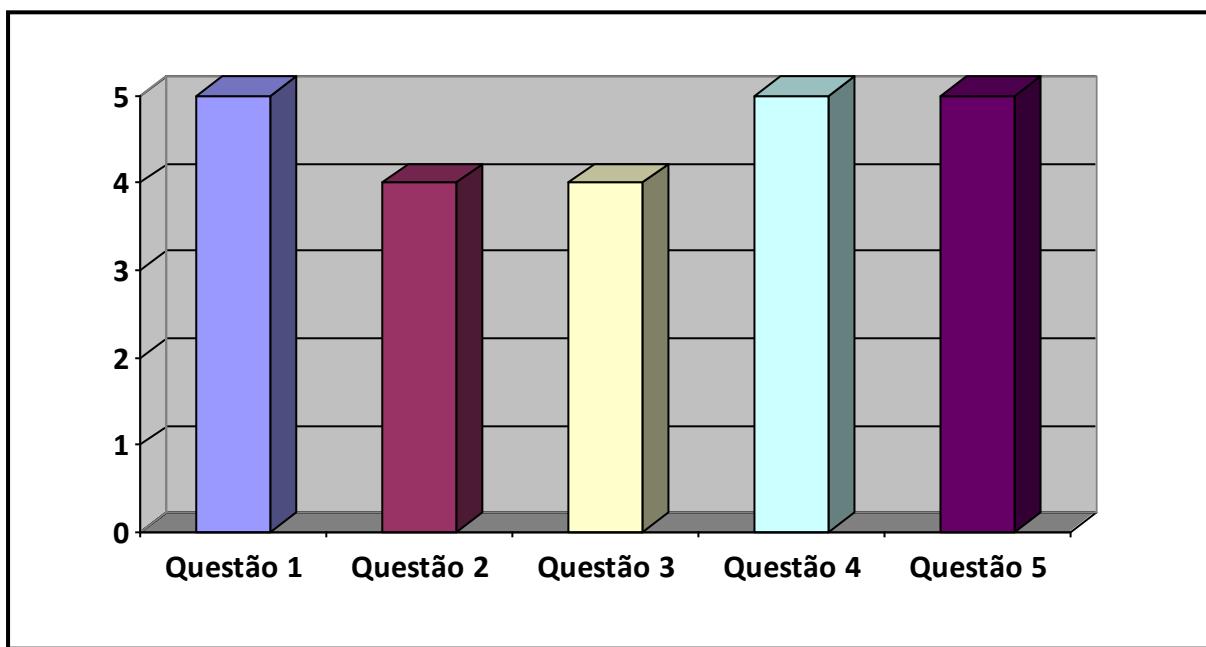


Gráfico 13

### 6.3 Comparação entre Turmas

- **Gráfico de função exponencial (questão 1):** foram obtidos à seguinte conclusão na turma controle, de que 96,15% teve dificuldade com gráfico em função exponencial. Na turma experimental, não teve dificuldade com gráfico em função exponencial.
- **Gráfico de função logarítmica (questão 2):** foram obtidos à seguinte conclusão na turma controle, de que 96,15% teve dificuldade com gráfico em função logarítmica. Na turma experimental, 20% teve dificuldade com gráfico em função logarítmica.
- **Equação exponencial (questão 3):** foi observado que na turma controle, 92,69% sabem resolver a equação exponencial, porém com dificuldade em regra de sinais. Na turma experimental, 80% sabem resolver a equação exponencial.
- **Equação logarítmica (questão 4):** foi observado que na turma controle, 92,69% sabem resolver a equação logarítmica, porém com dificuldade em regra de sinais. Na turma experimental, todos sabem resolver a equação logarítmica.
- **Problema prático do cotidiano (questão 5):** quando aplicado uma situação problema em relação ao dia-a-dia dos alunos, na turma controle obteve, 91,15%, acerto em que os alunos não tiveram problemas para interpretar o raciocínio lógico do problema. Na turma experimental, 100% acertaram. Sendo assim os alunos compreenderam o raciocínio lógico do problema.

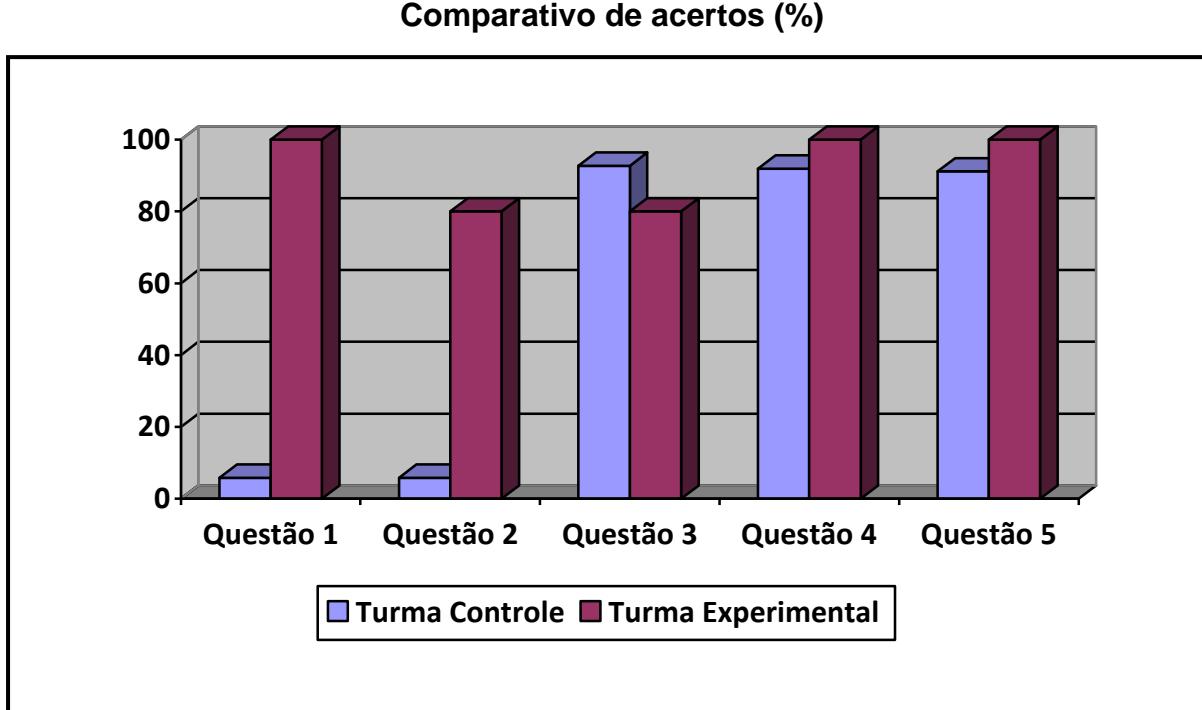


Gráfico 14

Considerando a questão 3 da avaliação que foi aplicada nas turmas controle e experimental. Foi observado na turma experimental um desempenho inferior ao da turma controle em relação ao conteúdo de equação exponencial. Portanto há uma necessidade de desenvolver mais atividades que envolva equações exponenciais com a turma experimental, para um melhor desempenho de resultado e aprendizagem dos alunos.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo avaliativo é constituído pela utilização de instrumentos que acompanham a construção do conhecimento do estudante e que, ao mesmo tempo, indiquem para o professor a orientação e o direcionamento rumo ao avanço nos processos de ensino e aprendizagem, é imprescindível a adoção de estratégias avaliativas vinculadas às práticas pedagógicas em sala de aula.

Tratar a avaliação de forma processual, com caráter crítico-reflexivo, implica numa postura em que o docente considere a singularidade de cada estudante, nas suas diferentes formas de aprender e de construir o conhecimento. Além disso, é possível corrigir os rumos durante o processo do trabalho pedagógico, com a finalidade de garantir que a maior parte dos estudantes possa atingir os objetivos de aprendizagem traçados para cada componente curricular.

A utilização de recursos computacionais como por exemplo: GeoGebra e Excel®, fez motivar os alunos a aprender matemática de uma forma diferente. Com isso ajudando reduzir as dificuldades em Matemática e abordando o conteúdo através de aulas temáticas (farmacocinética no nosso caso especial), sendo assim os alunos compreenderam melhor os conceitos matemáticos.

O presente trabalho teve como objetivo melhorar a motivação e a compreensão de conteúdos em função exponencial e logarítmica com ênfase em farmacocinética. Tendo obtidos resultados significativos nos experimentos com as turmas trabalhadas. Apesar dos desafios enfrentados como dificuldades em relação a defasagem de conteúdos, houve uma melhora na aprendizagem dos alunos.

Para enfatizar o parágrafo anterior, tivemos uma aluna da turma experimental que foi aprovada no ENEM, em 1º lugar no curso de Farmácia na Universidades Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Sendo um exemplo notável de uma aluna que foi influenciada na escolha do curso de graduação em relação as aulas na escola, em que a mesma estuda. Tornando em especial as aulas do trabalho presente nesta dissertação, com o tema específico da Farmacocinética.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Larissa Cristine Franca de. **Modelagem matemática e computacional da farmacocinética do paracetamol em cenários de intoxicação e desintoxicação.** Dissertação – UFRRJ, 2023.
- ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de; DIAS, Michele Regiane. **Um estudo sobre o uso da Modelagem Matemática como estratégia de ensino e aprendizagem.** Bolema, Rio Claro, n. 22, p. 19-35, 2004.
- ALLEN Jr., L.V.; POPOVICH, N.G.; ANSEL, H.C. **Formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos.** Porto Alegre: Artmed, 2005.
- AULTON, M.E. **Delineamento de formas farmacêuticas.** 2<sup>a</sup> edição, Porto Alegre: Artmed, 2005.
- BARRETO, Renata do Amaral. CARVALHO, Bruno Guimarães. MADEIRA, Fabiana Ferreira Braga. NASCIMENTO, Diogo Vasconcelos. Souza, Alexandre Oliveira de. **Currículo Referencial do Estado do Rio de Janeiro – Ensino Médio.** Rio de Janeiro – RJ, 2022.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática.** 3. ed. São Paulo: Contexto, 2013.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem nas Ciências da Natureza e na Matemática do Ensino Médio.** In: Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 7, 2011. Belém. Anais... Belém: SBEM, 2011.
- BOYER, Carl Benjamin. **História da Matemática.** São Paulo: Ed. E. Blücher, 2006.
- BONJORNO, José Roberto. JUNIOR, José Ruy Giovanni. SOUSA, Paulo Roberto Câmara de. **Prisma Matemática: Funções e Progressões.** São Paulo – SP: editora FTD, 2020.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília – DF, 2018.
- BRASIL, **Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília: MEC, 2000.
- CUNHA, Karin Andressa Pereira da. **Modelagem matemática: uma alternativa para o ensino de funções exponenciais e logarítmicas.** Dissertação – UFPR, 2013.
- DAVILA, Cássia Gonçalves. **Uma estratégia didática para o ensino de funções exponenciais e logarítmicas.** Dissertação – FURG, 2018.
- DANTE, Luiz Roberto. **Matemática: Contexto e Aplicações.** 3<sup>a</sup> edição, São Paulo – SP: editora Ática, 2017.
- DOST, F.H. **Der Blutspiegel (Níveis Sanguíneos).** Thiem Verlag Leipzig. 1953.
- GALLO, Neto Milton. **Modelagem farmacocinética e análise de sistemas lineares para a predição da concentração de medicamentos no corpo humano.** Dissertação – USP, 2012.
- GEOGEBRA. **GeoGebra Classic [programa de computador].** Disponível em: <https://www.geogebra.org/classic>.

HELENA, Aline Fernanda Faquini. **Modelagem matemática no ensino médio: uma abordagem para o ensino de funções exponenciais e logarítmicas.** Dissertação – UNESP, 2018.

IEZZI, Gelson. DOLCE, Osvaldo. MURAKAMI, Carlos. **Fundamentos de Matemática Elementar, Volume 2: Logaritmos.** 10<sup>a</sup> edição, São Paulo – SP: editora Atual, 2013.

LIMA, Elon Lages. **Números e Funções Reais.** 2<sup>a</sup> edição, Rio de Janeiro – RJ: editora SBM, 2023.

LIMA, Elon Lages. CARVALHO, Paulo Cezar Pinto de. WAGNER, Eduardo. MORGADO, Augusto César. **Matemática do Ensino Médio, Volume 1.** 2<sup>a</sup> edição, Rio de Janeiro – RJ: editora SBM, 2006.

LULLMANN, H.; MOHR, K. **Atlas de Poche de Pharmacologie.** 3<sup>a</sup> edição, Éditions Flammarion, 2003.

MACCARINI, Justina Motter. **Fundamentos e Metodologia do Ensino da Matemática.** 2<sup>a</sup> edição, Curitiba – PR: editora Fael, 2015.

MATTOS, Sandra Maria Nascimento de. **Conversando sobre Metodologia da Pesquisa Científica.** Porto Alegre – RS: editora Fi, 2020.

MATTOS, Sandra Maria Nascimento de. **Conversando sobre Metodologia da Pesquisa Científica – Volume 2.** Cachoeirinha – RS: editora Fi, 2024.

MICROSOFT OFFICE PROFESSIONAL PLUS 2019. **Microsoft® Excel® 2019 MSO** (Versão 2503 Build 16.0.18623.20116) 64 bits.

PIANO, Cátia. **Diferentes abordagens para o estudo das funções exponenciais e logarítmicas.** Dissertação – UTFPR, 2016.

RANG, Humphrey. RITTER, James M, FLOWER, Rod, HENDERSON, Graeme, LOKE, Yoon Kong, EWAN, David Mac. **Rang & Dale Farmacologia.** Rio de Janeiro – RJ: editora Guanabara Koogan, 2020.

RIBEIRO, John Lennon. VIEIRA, Rita de Cássia Amaral. SOISTAK, Alzenir Virginia Ferreira. MOTYL, Bianca Cristina. SANTOS, Marcela dos. **Uma diversificação no ensino de função exponencial.** XI Encontro Nacional de Educação Matemática Curitiba – PR, 2013.

STORPIRTIS, Sílvia. GAI, Maria Nella. CAMPOS, Daniel Rossi de. GONÇALVES, José Eduardo. **Farmacocinética Básica e Aplicada.** Rio de Janeiro – RJ: editora Guanabara Koogan, 2011.

TEORELL, Torbjörn. **Cinética de distribuição de substâncias administradas ao corpo.** Arch. Int. Pharmacodyn. Ther., v.57, p.205-225, 1937.

VIEIRA, Grasiella. POLICARPO, Fabiana. **Engenharia didática: o estudo de função exponencial pelo processo farmacológico no organismo.** Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades, São Paulo – SP, 2016.

VIEIRA, José Guilherme Silva. **Metodologia de Pesquisa Científica na Prática.** Curitiba – PR: editora Fael, 2010.

## ANEXOS

 <p><b>GOVERNO DO Rio de Janeiro</b></p>	<p><b>GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO</b>          SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO          DIRETORIA REGIONAL METROPOLITANA I  <b>CIEP BRIZOLÃO 359 CHARLES PERRAULT</b>          AV. ARCO IRIS S/ N° - CEP: 26297-213 JARDIM PARAISO - NOVA IGUAÇU-RJ          Unidade Administrativa: 180.759 CNPJ: 00856362/0001-89 INEP: 33058270          Tel.: (21)37591501</p>
---	---

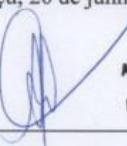
**TERMO DE ANUÊNCIA  
INSTITUCIONAL - TAI**

Eu, Anderson Diocesano da Silva, na condição de Diretor Geral, matrícula número 30675342 responsável pela CIEP 359 Charles Perrault, manifesto a ciência, concordância e disponibilidade dos meios necessários para a realização e desenvolvimento da pesquisa intitulada “Modelagem matemática em farmacocinética” na nossa instituição. A instituição assume o compromisso de apoiar a pesquisa que será desenvolvida por Fábio França Nascimento, sob a orientação do André Luiz Martins Pereira, Docente do Mestrado Profissional em Matemática (PROFMAT), tendo ciência que a pesquisa objetiva tem o propósito de introduzir o conceito de funções exponenciais e logarítmicas, mostrando suas propriedades e conceitos que podem ser utilizados nas respostas de problemas que descrevem as evoluções temporais das concentrações de um fármaco no corpo.

A instituição assume o compromisso de que a coleta dos dados estará condicionada à apresentação do Parecer de Aprovação por Comitê de Ética em Pesquisa, junto ao Sistema CEP/Conep.

Atenciosamente,

Nova Iguaçu, 20 de junho de 2024.



Anderson Diocesano da Silva  
 Diretor Geral  
 Matrícula: 30675342 / ID 42612187-6  
 D.O. 10/01/2018 Página 11

Anderson Diocesano da Silva – Diretor Geral  
 Matrícula: 30675342 – Id. 42612187

Modelo baseado nas Resoluções CNS 466/2012, 510/2016 e 580/2018 e nas Cartas Circulares 0212/2010 e 122/2012 da Conep.



## **TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Convite Especial para Você!

**Você está sendo convidado(a) para participar de um estudo que tem o seguinte nome: Modelagem Matemática em Farmacocinética.**

**Com este documento você fica sabendo de tudo que vai acontecer nesse estudo, e se tiver qualquer dúvida é só perguntar para o pesquisador ou seu responsável.**

Sua participação é importante e você pode escolher participar ou não. Iremos conversar com seus responsáveis, pois é importante termos a autorização deles também.

Antes de você decidir participar do estudo, é importante saber por que esta pesquisa está sendo realizada e como será a sua participação.

Você pode em qualquer momento dizer que não quer mais fazer parte do estudo, mesmo que tenha assinado este documento. Você não será prejudicado (a) de forma alguma, mesmo que não queira participar. Você, seus responsáveis ou sua família não precisam pagar nada para sua participação no estudo.

### **Por que esta pesquisa é importante?**



Este estudo está sendo feito para introduzir o conceito de funções exponenciais e logarítmicas, mostrando suas propriedades e mostrando que tais conceitos podem ser utilizados na resposta de problemas que descrevem as evoluções transitórias das concentrações de um fármaco no corpo, porque a proposta é aplicar a modelagem matemática em farmacocinética, utilizando funções exponenciais e logarítmicas, em duas turmas da 3<sup>a</sup> série do ensino médio de um CIEP localizado no município de Nova Iguaçu.

Campus Seropédica / Departamento de Matemática  
 BR 465, km 7, Seropédica, Rio de Janeiro, telefone (21) 2681-4749  
 e-mail: eticacep@ufrj.br

	Rubrica do(a) Participante da Pesquisa
--	--



**Quem pode participar?**



Alunos de duas turmas da 3<sup>a</sup> série do ensino médio de um CIEP localizado no município de Nova Iguaçu.

**Como será a pesquisa?**



A metodologia será dividida em duas abordagens diferentes para comparação de resultados: uma abordagem contextualizada e uma abordagem tradicional. Turma Experimental: ensinar funções exponenciais e logarítmicas através da modelagem matemática em farmacocinética, com foco em medicamentos conhecidos pelos alunos e suas famílias (introdução ao problema, coleta de dados, aulas contextualizadas, atividades práticas, discussão e reflexão). Turma Controle: ensinar funções exponenciais e logarítmicas utilizando uma abordagem tradicional (aulas tradicionais e exercícios práticos).



**Se você participar, o que pode acontecer? Quais são os riscos?**

Você está sendo consultado sobre seu interesse e disponibilidade de participar desta pesquisa. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. A recusa em participar não acarretará penalidade alguma. A pesquisa do projeto de estudo não envolve danos físicos, porém o fato de participar da pesquisa pode ter um impacto, como a perda de tempo e possíveis consequências psicológicas devido à incerteza dos resultados. A participação pode gerar, no mínimo, uma apreensão entre os participantes, cujos procedimentos não sujeitam os participantes a riscos maiores do que os encontrados nas suas atividades cotidianas.



**Como esses riscos serão cuidados?**

Suas informações e seu nome NÃO serão divulgados. Somente o pesquisador e/ou equipe de pesquisa saberão de seus dados e prometemos manter tudo em segredo. Todas as informações obtidas por meio de sua participação serão de uso exclusivo para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do/da pesquisador/a responsável.

**Por que sua participação é importante e pode ser boa para você?**

Esta pesquisa vai ajudar você a: como manipular os problemas que envolva o efeito da dosagem dos remédios, no organismo do ser humano com o emprego da matemática para entendermos a eficácia ou não da medicação utilizada. Sem contar que a pesquisa também trará benefícios a outras pessoas pelo avanço da ciência, e você estará participando disso. Também podemos te contar sobre os resultados durante e ao final da pesquisa.

Você gostaria de participar deste estudo?

Faça um x na sua escolha.



**Sim, quero participar ( )**

→ Se você marcou sim, por favor assine aqui:



**Não quero participar ( )**

**Declaração do participante**

Eu, \_\_\_\_\_, aceito participar da pesquisa. Entendi as informações importantes da pesquisa, sei que não tem problema se eu desistir de participar a qualquer momento. Concordo com a divulgação dos dados obtidos neste estudo e a autorizo, desde que mantida em sigilo a minha identidade. Os pesquisadores conversaram comigo e tiraram as minhas dúvidas.

Assinatura: \_\_\_\_\_ data: \_\_\_\_\_

Campus Seropédica / Departamento de Matemática  
 BR 465, km 7, Seropédica, Rio de Janeiro, telefone (21) 2681-4749  
 e-mail: eticacep@ufrj.br

 <small>Rubrica do Pesquisador Principal</small>	<small>Rubrica do(a) Participante da Pesquisa</small>
---	---

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Campus Seropédica  
 Instituto de Ciências Exatas  
 Departamento de Matemática



#### Acesso à informação

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com pesquisador responsável, no telefone (21) 96767-2740 e e-mail fabiofnascimento@ufrj.br. Este estudo foi analisado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) que é um órgão que protege o bem-estar dos participantes de pesquisas. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo ou se estiver insatisfeito com a maneira como o estudo está sendo realizado, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, situado na BR 465, Km7, CEP 23.897-000, Seropédica, Rio de Janeiro/RJ, sala CEP/PROPPG/UFRJ localizada na Biblioteca Central, telefones (21) 2681-4749, e-mail eticacep@ufrj.br, com atendimento de segunda a sexta, das 08:00 às 17:00h por telefone e presencialmente às terças e quintas das 09:00 às 16:00h.

#### Declaração do pesquisador

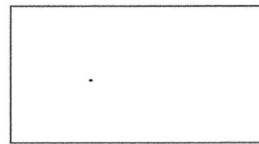
Declaro que obtive o assentimento do menor de idade para a participar deste estudo e declaro que me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

Nome do Pesquisador: Fábio França Nascimento

Assinatura: Local/data: Seropédica, 02 de agosto de 2024

Nome do assistente de pesquisa/testemunha: André Luiz Martins Pereira

Assinatura: Local/data: Seropédica, 02 de agosto de 2024



Assinatura Datiloscópica

Presenciei a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do participante.

Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: \_\_\_\_\_; Assinatura: \_\_\_\_\_

*\*Este termo foi elaborado a partir do modelo de TALE do CEP/Unifesp e orientações do CEP/IFF/Fiocruz.*

Campus Seropédica / Departamento de Matemática  
 BR 465, km 7, Seropédica, Rio de Janeiro, telefone (21) 2681-4749  
 e-mail: eticacep@ufrj.br

	Rubrica do(a) Participante da Pesquisa
--	--

**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**  
**Campus Seropédica**  
**Instituto de Ciências Exatas**  
**Departamento de Matemática**



#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa intitulada "Modelagem Matemática em Farmacocinética". O objetivo desta pesquisa é introduzir o conceito de funções exponenciais e logarítmicas, mostrando suas propriedades e mostrando que tais conceitos podem ser utilizados na resposta de problemas que descrevem as evoluções transitórias das concentrações de um fármaco no corpo. O pesquisador responsável por esta pesquisa é Fábio França Nascimento, ele é Professor do CIEP 359 Charles Perrault, aluno do PROFMAT da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, auxiliado por Dr. André Luiz Martins Pereira ele é professor Associado do Departamento Matemática do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Você receberá os esclarecimentos necessários antes, durante e após a finalização da pesquisa, e asseguro que o seu nome não será divulgado, sendo mantido o mais rigoroso sigilo, em favor de não identificá-lo(a). Conforme à Resolução CNS 510/2016, Art. 9, V e Art. 17, IV sobre identificação dos participantes. A proposta é aplicar a modelagem matemática em farmacocinética, utilizando funções exponenciais e logarítmicas, em duas turmas da 3<sup>a</sup> série do ensino médio de um CIEP localizado no município de Nova Iguaçu. A metodologia será dividida em duas abordagens diferentes para comparação de resultados: uma abordagem contextualizada e uma abordagem tradicional. Turma Experimental: ensinar funções exponenciais e logarítmicas através da modelagem matemática em farmacocinética, com foco em medicamentos conhecidos pelos alunos e suas famílias (introdução ao problema, coleta de dados, aulas contextualizadas, atividades práticas, discussão e reflexão). Turma Controle: ensinar funções exponenciais e logarítmicas utilizando uma abordagem tradicional (aulas tradicionais e exercícios práticos). Ao final do experimento, haverá uma aplicação de uma avaliação para comparar o desempenho das duas turmas. A avaliação incluirá: questões teóricas sobre funções exponenciais e logarítmicas, problemas práticos de farmacocinética para avaliar a aplicação dos conceitos aprendidos.

As informações serão obtidas da seguinte forma: através de uma análise qualitativamente das respostas e o desempenho dos alunos, comparando os resultados das duas turmas para determinar a eficácia de cada metodologia. Ao final do projeto, espera-se que a turma experimental mostre uma melhor compreensão e aplicação das funções exponenciais e logarítmicas, devido à contextualização prática e relevante. A análise dos resultados permitirá concluir sobre a eficácia do ensino contextualizado versus o ensino tradicional.

Você está sendo consultado sobre seu interesse e disponibilidade de participar desta pesquisa. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper sua participação a qualquer momento. A recusa em participar não acarretará penalidade alguma.

Campus Seropédica / Departamento de Matemática  
 BR 465, km 7, Seropédica, Rio de Janeiro, telefone (21) 2681-4749  
 e-mail: eticacep@ufrj.br

	_____ Rubrica do(a) Participante da Pesquisa
--	---

**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**  
**Campus Seropédica**  
**Instituto de Ciências Exatas**  
**Departamento de Matemática**



Você não será remunerado por ser participante da pesquisa. Se houver gastos com transporte ou alimentação, eles serão resarcidos pelo pesquisador responsável. Todas as informações obtidas por meio de sua participação serão de uso exclusivo para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do/da pesquisador/a responsável. Caso a pesquisa resulte em dano pessoal, o resarcimento e indenizações previstos em lei poderão ser requeridos pelo participante. Os pesquisadores poderão informar os resultados ao final da pesquisa através de uma análise qualitativamente das respostas e o desempenho dos alunos, comparando os resultados das duas turmas para determinar a eficácia de cada metodologia.

Caso você tenha qualquer dúvida com relação à pesquisa, entre em contato com o pesquisador através do telefone (21) 96767-2740, pelo e-mail fabiofnascimento@ufrj.br, e endereço profissional/institucional, BR 465, km 7, Seropédica - RJ, 23890-000.

Este estudo foi analisado e aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) sob o registro CAAE \_\_\_\_\_. O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir o bem-estar, a dignidade, os direitos e a segurança de participantes de pesquisa; bem como assegurando a participação do(a) pesquisador(a) sob os mesmos aspectos éticos.

Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, situada na BR 465, km 7, Seropédica, Rio de Janeiro, pelo telefone (21) 2681-4749 de segunda a sexta, das 09:00 às 16:00h, pelo e-mail: eticacep@ufrj.br ou pessoalmente às terças e quintas das 09:00 às 16:00h.

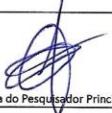
No caso de aceitar participar da pesquisa, você e o pesquisador devem rubricar todas as páginas e também assinar as duas vias deste documento. Uma via é sua e a outra via ficará com o(a) pesquisador(a). Para mais informações sobre os direitos dos participantes de pesquisa, leia a **Cartilha dos Direitos dos Participantes de Pesquisa** elaborada pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep), disponível no site, [http://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/img/boletins/Cartilha\\_Direitos\\_Participantes\\_d\\_e\\_Pesquisa\\_2020.pdf](http://conselho.saude.gov.br/images/comissoes/conep/img/boletins/Cartilha_Direitos_Participantes_d_e_Pesquisa_2020.pdf)

**Consentimento do responsável do participante**

Eu, abaixo assinado, entendi como é a pesquisa, tirei dúvidas com o(a) pesquisador(a) e aceito participar, sabendo que posso desistir a qualquer momento, mesmo depois de iniciar a pesquisa. Autorizo a divulgação dos dados obtidos neste estudo, desde que mantida em sigilo minha identidade. Informo que recebi uma via deste documento com todas as páginas rubricadas e assinadas por mim e pelo Pesquisador Responsável.

Nome do(a) responsável participante: \_\_\_\_\_  
 Assinatura: \_\_\_\_\_ local e data: \_\_\_\_\_

Campus Seropédica / Departamento de Matemática  
 BR 465, km 7, Seropédica, Rio de Janeiro, telefone (21) 2681-4749  
 e-mail: eticacep@ufrj.br

 <small>Rubrica do Pesquisador Principal</small>	<small>Rubrica do(a) Participante da Pesquisa</small>
---	---

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Campus Seropédica  
 Instituto de Ciências Exatas  
 Departamento de Matemática



**Declaração do pesquisador**

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária, o Consentimento Livre e Esclarecido deste participante (ou representante legal) para a participação neste estudo. Declaro ainda que me comprometo a cumprir todos os termos aqui descritos.

Nome do Pesquisador: Fábio França Nascimento

Assinatura: Local/data: Seropédica, 16/08/2024

Nome do assistente de pesquisa/testemunha: André Luiz Martins Pereira

Assinatura: Local/data: Seropédica, 02 de agosto de 2024



Assinatura Dactiloscópica

*Presenciei a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do participante.*

*Testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores)*

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

\*Este termo foi elaborado a partir do modelo de TCLE do CEP/Unifesp e orientações do CEP/IFF/Fiocruz.

Campus Seropédica / Departamento de Matemática  
 BR 465, km 7, Seropédica, Rio de Janeiro, telefone (21) 2681-4749  
 e-mail: eticacep@ufrj.br

	Rubrica do(s) Participante da Pesquisa
--	--