v7.n7.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

# A FUNÇÃO QUADRÁTICA COMO FERRAMENTA DE MODELAÇÃO MATEMÁTICA E RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

## *THE QUADRATIC FUNCTION AS A TOOL FOR MATHEMATICAL MODELING AND PROBLEM SOLVING*

## *LA FUNCIÓN CUADRÁTICA COMO HERRAMIENTA DE MODELACIÓN MATEMÁTICA Y RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS*

Celestina de Fátima Cambizi dos Santos[1]. Marcos João Púcuta[2]

e778625

https://doi.org/10.47820/recima21.v7i7.8625

PUBLICADO: 07/2026 Português europeu

**RESUMO**

Este artigo investiga a função quadrática como ferramenta de modelação e resolução de problemas na 10.ª classe do Instituto Politécnico João Paulo II (Cabinda), propondo metodologias ativas para uma aprendizagem significativa. A pesquisa contextualiza atividades de modelagem matemática integradas ao GeoGebra, cuja visualização dinâmica favorece o desenvolvimento do raciocínio crítico e investigativo. Com base em Ausubel, adotou-se uma abordagem mista (questionários, entrevistas, análise documental, observação e testes) com 120 estudantes. O diagnóstico revelou 82% de reprovação no pré-teste; após duas semanas de intervenção intensiva com o *software* matemático, a aprovação atingiu 97% no pós-teste. Esses dados evidenciam que a integração entre tecnologia e modelagem matemática potencializa a capacidade de análise, a interpretação de problemas e a aprendizagem significativa dos conceitos matemáticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Função Quadrática. Modelação Matemática. Resolução de Problemas. Vértice.

***ABSTRACT***

*This article investigates the quadratic function as a modeling and problem-solving tool in the 10th grade at Instituto Politécnico João Paulo II (Cabinda), proposing active methodologies for meaningful learning. The research contextualizes mathematical modeling activities integrated with GeoGebra, whose dynamic visualization promotes the development of critical and investigative thinking. Based on Ausubel, a mixed approach was adopted (questionnaires, interviews, documentary analysis, observation, and tests) with 120 students. The diagnosis revealed an 82% failure rate in the pre-test; after two weeks of intensive intervention with the mathematical software, the success rate reached 97% in the post-test. These data show that the integration between technology and mathematical modeling enhances problem interpretation, logical reasoning, and the solid construction of knowledge.*

***KEYWORDS:*** *Quadratic Function. Mathematical Modeling. Problem-Solving; Vertex.*

[1] Mestre em Ensino da Matemática, pelo Instituto Superior de Ciências da Educação de Cabinda, Angola. Área de Especialização: Ensino da Matemática. Chefe de Secção do Orçamento e Património do ISCED-Cabinda.

[2] Doutor em Ciências Pedagógicas, pela Universidade de Ciências Pedagógicas Enrique José Varona (UCPEJV), Cuba. Área de Especialização: Análise Matemática com Integração das Tecnologias de Informação e Comunicação. Docente do Instituto Superior de Ciências de Educação (ISCED-CABINDA) /Angola. Mestre em Ensino da Física pelo Atlantic International University, Estados Unidos de América. Docente e chefe de Departamento de Ciências da Natureza e Ciências Exatas do Instituto Superior de Ciências de Educação (ISCED) de Cabinda /Angola.

.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

***RESUMEN***
*Este artículo investiga la función cuadrática como herramienta de modelación y resolución de problemas en el 10.º grado del Instituto Politécnico João Paulo II (Cabinda), proponiendo metodologías activas para un aprendizaje significativo. La investigación contextualiza actividades de modelización matemática integradas con GeoGebra, cuya visualización dinámica favorece el desarrollo del pensamiento crítico e investigativo. Con base en Ausubel, se adoptó un enfoque mixto (cuestionarios, entrevistas, análisis documental, observación y pruebas) con 120 estudiantes. El diagnóstico reveló un 82% de reprobación en la prueba previa; después de dos semanas de intervención intensiva con el software matemático, la aprobación alcanzó el 97% en la prueba posterior. Estos datos evidencian que la integración entre tecnología y modelación matemática potencia la interpretación de problemas, el razonamiento lógico y la construcción sólida del conocimiento.*

***PALABRAS CLAVE:*** *Función Cuadrática. Modelación Matemática. Resolución de Problemas. Vértice.*

## INTRODUÇÃO

O ensino da Matemática representa um dos grandes desafios educacionais, pois transcende a mera transmissão de conceitos ao exigir o desenvolvimento do pensamento lógico e crítico (Dante, 2018). Nesse âmbito, as funções quadráticas destacam-se como conteúdo fundamental, embora frequentemente gerem dificuldades no ensino médio devido à sua natureza algébrica e geométrica. Sua representação gráfica, a parábola (cuja concavidade depende do coeficiente "$a$"), e suas vastas aplicações práticas – como trajetórias de projéteis, otimização de lucros e custos, e projetos arquitetônicos (Boyer, 2010) – tornam-nas essenciais para a modelagem de fenômenos reais. No entanto, a abstração inerente a esse tópico exige estratégias pedagógicas inovadoras. Nesse sentido, o GeoGebra, *software* interativo e gratuito, permite a manipulação dinâmica de gráficos e equações, conectando a teoria à prática. Aliado a isso, a modelagem matemática – processo de tradução de situações cotidianas para a linguagem algébrica, viabiliza análises e tomadas de decisão, aproximando o conteúdo da realidade do aluno, como sugere D'Ambrósio (1999).

Diante desse cenário, este estudo justifica-se pela necessidade de superar o ensino tradicional, especialmente diante da complexidade que as funções quadráticas impõem. Ao integrar atividades de modelagem matemática ao GeoGebra, analisa-se como essa ferramenta favorece a compreensão da função quadrática por meio da visualização dinâmica, promovendo a investigação, a interpretação e a construção de conhecimentos matemáticos.

### Formulação do problema

O diagnóstico realizado no Instituto Politécnico João Paulo II, em Cabinda, evidenciou fragilidades significativas no ensino-aprendizagem da Matemática, especialmente no domínio da



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

modelação e resolução de problemas com a função quadrática. Os estudantes demonstraram dificuldades na interpretação da parábola, especialmente na identificação da concavidade, das raízes e da imagem da função, o que compromete a compreensão do comportamento gráfico da função quadrática e a relação entre suas representações algébrica e gráfica. Como consequência, também apresentam limitações na aplicação desses conceitos à resolução de problemas práticos, evidenciando a necessidade de reforçar estratégias de ensino que favoreçam uma aprendizagem mais significativa. Diante desse quadro, formula-se o seguinte problema de investigação:

De que forma a utilização do GeoGebra, associada à modelação matemática e à resolução de problemas, contribui para a aprendizagem da função quadrática pelos alunos da 10.ª classe do Instituto Politécnico João Paulo II, em Cabinda?

A escolha deste campo de pesquisa justifica-se pela sua pertinência temática e pelas condições favoráveis à coleta de dados, enquanto a pesquisa, em si, visa superar as dificuldades inerentes a esse tópico. O GeoGebra surge como recurso promissor para dinamizar as aulas, favorecer a visualização de conceitos e promover uma aprendizagem mais significativa, contribuindo, ainda, para a inovação pedagógica ao integrar tecnologias digitais e metodologias ativas.

Como objetivo geral, busca-se investigar a contribuição da utilização da função quadrática, associada ao *software* GeoGebra e a metodologias ativas, para o desenvolvimento da modelação matemática e da resolução de problemas na aprendizagem dos alunos da 10.ª classe do Instituto Politécnico João Paulo II, em Cabinda.

Os objetivos específicos consistem em caracterizar os principais conceitos e propriedades da função quadrática e da modelação matemática. Em seguida, identificar as dificuldades apresentadas pelos alunos da 10.ª classe na aprendizagem da função quadrática; implementar estratégias de ensino baseadas na resolução de problemas e na utilização do GeoGebra para o estudo da função quadrática; avaliar a contribuição do GeoGebra para a compreensão dos conceitos da função quadrática, para a modelação matemática e para a resolução de problemas; e comparar os resultados obtidos pelos alunos antes e após a intervenção pedagógica, de modo a verificar o impacto das estratégias utilizadas na aprendizagem da função quadrática.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção abordaram-se fundamentos da função Quadrática: Definição, representações e propriedades, a função quadrática como modelo matemático, aplicações práticas e interdisciplinares da função quadrática, a resolução de problemas contextualizados, importância da função quadrática no desenvolvimento do raciocínio lógico, benefícios da modelagem matemática no ensino, desafios do ensino e a aprendizagem dessa função, estratégias metodológicas para o ensino da função quadrática, tecnologias digitais no ensino da matemática, o papel da tecnologia no ensino da função quadrática, potencialidades do GeoGebra no ensino da função quadrática, desenho de sequências didáticas investigativas, transposição didática da função quadrática em contextos técnico-profissionais, formação docente para o uso pedagógico das tecnologias digitais e validação, refinamento e limitações dos modelos quadráticos.

### Fundamentos da Função Quadrática: definição, representações e propriedades

A função quadrática é uma das funções polinomiais mais importantes da Matemática. O estudo permite ao aluno romper com o domínio exclusivo das relações lineares (grau 1), introduzindo dinâmicas onde a função deixa de ser crescente ou decrescente, tornando-se crucial identificar os seus intervalos de variação.

A função quadrática estende o estudo das funções lineares, permitindo modelar fenômenos não-lineares do cotidiano.

Em Angola, esse tópico integra os programas da disciplina de Matemática do II Ciclos do Ensino Secundário (10ª, 11ª e 12ª classes), variando conforme o programa de cada instituição, servindo de base e continuidade para o estudo de funções exponenciais, logarítmicas, trigonométricas e potências. Contudo, a sua abordagem metodológica na maioria dos manuais didáticos ainda segue um modelo tradicional. Esta prática é criticada pelo pedagogo Paulo Freire, por tratar o aluno como uma "tábua rasa" (educação bancária), onde o professor figura como o detentor exclusivo do conhecimento, em vez de promover uma construção articulada do saber.

A função quadrática (ou função polinomial do 2º grau) é definida por uma lei de formação expressa por um polinômio de grau 2. Formalmente, é uma função $f: R \to R$ definida por:

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

Em que $a, b$ e $c$ são constantes reais (coeficientes) e, obrigatoriamente, $a \neq 0$ para não se tornar uma função linear do tipo $f(x) = bx + c$.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Para que os alunos alcancem uma compreensão abrangente do conceito e das situações modeladas, é fundamental articular três formas de representação:

1. Representação Algébrica: A lei de formação $f(x) = ax^2 + bx + c$, que estabelece a relação analítica entre a variável independente $(x)$ e a dependente $(y)$.
2. Representação Tabular: Consiste na organização de pares ordenados em tabelas. O uso de tabelas favorece a generalização matemática, pois os alunos percebem a regularidade dos dados numéricos até à sua formalização algébrica. Atribuir valores reais a $x$ e calcular $f(x)$ desenvolve o sentido quantitativo e prepara o aluno para a introdução do conceito.
3. Representação Gráfica: É a tradução visual da função no plano cartesiano, onde o eixo das abcissas $(x)$ representa os valores do domínio e o eixo das ordenadas $(y)$ representa as imagens. O gráfico de uma função quadrática é sempre uma parábola de concavidade voltada para cima ou para baixo dependendo do valor do coeficiente $a$.

Para o domínio pleno da função quadrática, o aluno deve compreender os seguintes elementos e propriedades:

a) Concavidade e Coeficientes: O sinal do coeficiente $a$ determina a orientação da concavidade da parábola:

- Se $a > 0$, a concavidade está voltada para cima.
- Se $a < 0$, a concavidade está voltada para baixo.

b) Vértice e Extremos: A parábola possui exatamente um vértice, correspondente ao ponto de viragem da curva.

- Se $a > 0$, o vértice é o ponto de mínimo da função.
- Se $a < 0$, o vértice é o ponto de máximo da função.

A função é simétrica em relação a uma reta vertical (Eixo de Simetria) que passa pelo vértice.

c) Forma Canónica: A função pode ser escrita evidenciando o seu vértice $(h, k)$ através da forma canónica:

$$f(x) = a(x - h)^2 + k$$

Esta forma facilita a compreensão de translações, estiramentos e reflexões horizontais e verticais no gráfico.

d) Zeros da Função e o Discriminante (Δ): Os zeros ou raízes da função são os valores de $x$ para os quais $f(x) = 0$ (onde o gráfico interseta o eixo $\boldsymbol{x}$). São



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

determinados pela fórmula quadrática, dependendo diretamente do discriminante $\Delta = b^2 - 4ac$:

- $\Delta > 0$: A função possui duas raízes reais e distintas (o gráfico corta o eixo $x$ em dois pontos).
- $\Delta = 0$: A função possui uma única raiz real dupla (o gráfico é tangente ao eixo $x$).
- $\Delta < 0$: A função não possui raízes reais (o gráfico não interseta o eixo $x$).

e) Continuidade e Derivabilidade: A função quadrática é contínua e derivável em todo o conjunto dos números reais ($R$), o que garante um gráfico fluido e sem interrupções.

**A Função Quadrática como modelo matemático**

Na Matemática Aplicada, a modelação consiste no processo de transformar problemas da realidade em estruturas simbólicas abstratas. O objetivo de um modelo é descrever, compreender, prever e, em muitos casos, otimizar o comportamento de um determinado sistema ou processo do mundo real por meio de expressões matemáticas.

No universo das relações não-lineares, a Função Quadrática ocupa um lugar de destaque devido à sua simplicidade e à sua capacidade de representar situações em que há crescimento seguido de decrescimento (ou vice-versa). Ela surge como o modelo ideal quando a taxa de variação de uma grandeza não é constante, aplicando-se a fenômenos que envolvem aceleração constante, restrições geométricas bidimensionais ou equilíbrios socioeconómicos.

Formalmente, uma função quadrática é definida por:

$f(x) = ax^2 + bx + c$, onde $a, b$ e $c$ são constantes reais. Embora seja uma expressão algébrica simples, esta função descreve com precisão uma ampla variedade de problemas na Física, Engenharia, Economia, Estatística, Computação, Investigação Operacional e Análise Funcional.

Esta forma de escrevera função constitui um modelo matemático eficaz por permitir estudo completo (algébrico e geométrico), possuir um único ponto extremo (vértice), ser facilmente otimizada e representar fenômenos não lineares, especialmente aqueles com aceleração constante.

Os números reais $a, b$ e $c$ determinam, respetivamente, a concavidade, a posição do eixo de simetria e a condição inicial do fenômeno.

O vértice da parábola é essencial em problemas de otimização, permitindo determinar valores máximos ou mínimos em situações como lucro, custo, energia ou trajetória de objetos.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Geometricamente, a função representa uma parábola com propriedades como eixo de simetria, foco e diretriz, sendo aplicada em tecnologias como antenas parabólicas e refletores.

Fisicamente, descreve fenômenos como o movimento uniformemente acelerado, onde a posição em função do tempo segue uma expressão quadrática, permitindo analisar alturas máximas e trajetórias de corpos em movimento.

Como exemplo, temos:

A função $h(t) = 20t - 4{,}9t^2$ modela a altura de uma bola em função do tempo. Trata-se de uma função quadrática em que o termo $-4{,}9t^2$ representa o efeito da gravidade (aceleração constante e negativa).

Teoricamente, isso significa que o movimento ocorre sob aceleração constante, o que gera uma trajetória parabólica.

O vértice da parábola representa a altura máxima atingida pela bola.

As raízes da função indicam os momentos em que a altura é zero (lançamento e queda ao solo).

A velocidade é a taxa de variação da altura, dada pela derivada:

$$v(t) = h'(t) = 20 - 9{,}8t$$

A aceleração é constante: $a(t) = h''^{(t)} = -9{,}8$

Assim, a parábola descreve completamente o movimento: subida, ponto máximo e queda.

**A modelagem matemática como metodologia: etapas e princípios**

A modelagem matemática pode ser definida como o processo de construção de representações matemáticas de situações reais. Essas representações, chamadas modelos matemáticos, permitem compreender fenômenos, fazer previsões e encontrar soluções para problemas complexos.

O processo de modelagem geralmente envolve as seguintes etapas:

a) Identificação do problema;
b) Coleta de informações relevantes;
c) Formulação do modelo matemático;
d) Resolução do modelo;
e) Interpretação dos resultados;
f) Validação das conclusões.

A utilização da modelagem matemática contribui para aproximar a teoria matemática da realidade, tornando o aprendizado mais significativo e funcional.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Nesta conformidade, o foco desloca-se da matemática em si para a sua metodologia de aplicação, entendendo a modelação matemática como um processo dinâmico e investigativo.

Os princípios e etapas a serem detalhados incluem:

1. A formulação do problema: como transpor uma situação do mundo real para a linguagem matemática.
2. A construção do modelo: a escolha da função quadrática como ferramenta adequada para representar o fenômeno observado.
3. A resolução e validação do modelo: como testar e refinar o modelo criado, comparando suas previsões com dados reais.
4. A interpretação dos resultados: a etapa final de traduzir a solução matemática para o contexto do problema original.

**Aplicações práticas e interdisciplinares da função quadrática**

Este subtema pretende evidenciar a versatilidade e a omnipresença da função quadrática enquanto modelo matemático, ultrapassando os exemplos clássicos frequentemente apresentados no ensino tradicional. Pretende-se demonstrar que este tipo de função constitui uma ferramenta essencial para a descrição e análise de fenômenos não lineares em diferentes áreas do conhecimento.

No domínio do desporto, a função quadrática é amplamente utilizada na modelação da trajetória de objetos em movimento, como a trajetória de uma bola em modalidades como futebol, basquetebol ou lançamento de dardo, permitindo analisar variáveis como altura máxima, tempo de voo.

Na Biologia, pode ser aplicada no estudo de certos modelos de crescimento populacional com restrições ambientais, onde o crescimento inicial é acelerado, mas tende a estabilizar ou decrescer devido a fatores limitantes como recursos disponíveis ou competição entre espécies.

Na Engenharia, a função quadrática assume um papel central no projeto de estruturas curvas, como pontes, arcos parabólicos e antenas parabólicas, bem como em problemas de otimização de materiais e de resistência estrutural, permitindo maximizar eficiência e minimizar custos.

Desta forma, reforça-se a ideia de que a modelagem com funções quadráticas não é apenas um conteúdo acadêmico, mas uma ferramenta fundamental para a inovação científica, a resolução de problemas reais e a compreensão de sistemas complexos.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

**Ferramentas tecnológicas no processo de modelação e resolução de problemas**

As tecnologias digitais desempenham um papel fundamental na dinamização do processo de modelação e resolução de problemas envolvendo a função quadrática, permitindo uma aprendizagem mais interativa, visual e investigativa.

Ferramentas como o *software* de geometria dinâmica GeoGebra, folhas de cálculo e calculadoras gráficas possibilitam ao estudante:

- Visualização dinâmica: observar, em tempo real, como a variação dos coeficientes $a, b$ e $c$ altera a forma, a posição e a concavidade da parábola;
- Análise de dados: ajustar funções quadráticas a conjuntos de dados reais ou experimentais, favorecendo a interpretação estatística e a modelação;
- Simulação de cenários: testar diferentes condições e parâmetros sem recorrer exclusivamente a cálculos manuais, permitindo explorar múltiplas soluções possíveis para um mesmo problema.

Neste contexto, a tecnologia não substitui o raciocínio matemático, mas atua como um instrumento de ampliação cognitiva favorecendo a compreensão conceitual, promovendo a exploração ativa e permitindo que os estudantes se concentrem na interpretação, validação e discussão dos modelos construídos, tornando o processo de aprendizagem mais significativo e alinhado com práticas contemporâneas de ensino da Matemática.

**A resolução de problemas contextualizados**

A abordagem da Resolução de Problemas Contextualizados no ensino da Matemática baseia-se no princípio de que a aprendizagem deve ocorrer a partir de situações reais ou próximas da realidade dos estudantes, promovendo a construção ativa do conhecimento. Nesta perspectiva, a Matemática deixa de ser apenas um conjunto de fórmulas abstratas e passa a ser uma ferramenta para interpretar, modelar e resolver problemas do cotidiano.

Um problema contextualizado caracteriza-se por apresentar uma situação concreta que exige interpretação, análise e tradução para linguagem matemática. Ao contrário dos exercícios tradicionais, que privilegiam a aplicação direta de algoritmos, os problemas contextualizados exigem a construção de um modelo, a escolha de estratégias adequadas e a interpretação dos resultados no contexto original.

No caso da função quadrática, esta abordagem é particularmente relevante, pois modela situações de otimização e fenômenos não lineares em áreas como Física, Economia, Engenharia e Ciências Aplicadas. Problemas como maximização de lucro, determinação de áreas máximas



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ou análise de trajetórias evidenciam o papel da função quadrática como instrumento de modelação matemática.

A resolução destes problemas segue, em geral, as etapas propostas por George Pólya (1995, p.13-30): compreensão do problema, elaboração de um plano, execução da resolução e verificação dos resultados. Este processo envolve a identificação de variáveis, a construção do modelo matemático, a realização de cálculos e a validação da solução no contexto real.

Do ponto de vista pedagógico, esta abordagem desenvolve competências essenciais como pensamento lógico, interpretação de dados, raciocínio analítico, criatividade e autonomia. Além disso, promove a capacidade de formular hipóteses, validar resultados e tomar decisões fundamentadas.

O papel do professor torna-se o de mediador do processo da aprendizagem, orientando a construção do conhecimento e promovendo situações de investigação, em vez de apenas transmitir procedimentos. Assim, a resolução de problemas contextualizados contribui para uma aprendizagem significativa da função quadrática, reforçando a sua aplicação na modelação de situações reais e no desenvolvimento do pensamento matemático.

**Importância da função quadrática no desenvolvimento do raciocínio lógico**

O ensino da função quadrática ocupa um papel central na formação matemática por representar a transição entre a Álgebra elementar e conceitos mais abstratos do pensamento matemático. Enquanto as funções lineares descrevem relações de proporcionalidade constante, a função quadrática introduz o estudo de relações não lineares, exigindo maior nível de abstração, interpretação e argumentação.

Mais do que um conteúdo curricular, esta função constitui um instrumento de desenvolvimento cognitivo, pois promove a passagem do pensamento linear para o pensamento dinâmico e variável. Ao introduzir o termo ($x^2$), o estudante é levado a compreender que a taxa de variação não é constante e que o crescimento de uma variável pode levar a comportamentos de aceleração, desaceleração e mudança de sentido, especialmente evidenciados no vértice da parábola.

Do ponto de vista da resolução de problemas, a função quadrática favorece o desenvolvimento do raciocínio de otimização e tomada de decisão, permitindo identificar valores máximos e mínimos em situações reais, como lucro, área, trajetória de objetos e custos de produção. Este processo contribui para o pensamento crítico aplicado, ao relacionar modelos matemáticos com problemas do cotidiano.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Outro aspecto fundamental é a articulação entre diferentes representações algébrica, gráfica e numérica que desenvolve a capacidade intelectual dos alunos. Os estudantes aprendem a interpretar os coeficientes $a, b$ e $c$, o discriminante e o vértice, estabelecendo relações entre a expressão analítica e o comportamento geométrico da parábola.

Além disso, a resolução de equações quadráticas introduz o pensamento baseado em condições de existência e coerência contextual, levando o discente a interpretar soluções matemáticas à luz da realidade, distinguindo resultados válidos de soluções sem significado físico.

A função quadrática atua como ponte para o pensamento científico avançado, preparando o estudante para conceitos do Cálculo (taxa de variação e aceleração) e desenvolvendo competências analíticas, lógicas e interpretativas – leitura de gráficos, formulação de hipóteses e tomada de decisões. Paralelamente, ao relacionar o abstrato ao concreto, consolida a Matemática como ferramenta de modelação e resolução de problemas reais.

**Benefícios da modelagem matemática no ensino**

A modelação matemática no contexto educacional consiste no processo de investigação de situações da realidade por meio da linguagem matemática, permitindo ao estudante transformar problemas concretos em representações matemáticas, analisá-los e interpretar os resultados nesse contexto. Ao contrário do ensino tradicional, baseado na aplicação de fórmulas a exercícios abstratos, a modelação parte de situações reais, promovendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

Esta abordagem favorece a construção de significado, uma vez que os conceitos matemáticos deixam de ser vistos como conteúdos isolados e passam a ser ferramentas para compreender fenômenos do cotidiano, como situações físicas, econômicas ou sociais. No caso da função quadrática, isso é particularmente relevante, pois permite modelar fenômenos de crescimento e decrescimento, bem como problemas de otimização.

Do ponto de vista cognitivo, a modelação matemática desenvolve o pensamento crítico e investigativo, exigindo que o estudante selecione variáveis relevantes, formule hipóteses, construa modelos e valide resultados à luz da realidade. Este processo promove a autonomia intelectual e a compreensão do erro como parte integrante da aprendizagem.

Além disso, a modelação favorece a interdisciplinaridade, ao articular a Matemática com outras áreas do conhecimento, e estimula a criatividade, uma vez que diferentes estratégias podem ser utilizadas para representar e resolver o mesmo problema. Também contribui para o



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

desenvolvimento de competências essenciais como interpretação de dados, análise de gráficos e tomada de decisões.

A modelação matemática, sobretudo quando articulada à função quadrática, prepara os estudantes para os desafios contemporâneos ao fomentar o trabalho com informação quantitativa, a interpretação de resultados e a resolução colaborativa de problemas complexos. Dessa forma, o ensino torna-se mais contextualizado, motivador e significativo, promovendo uma aprendizagem sólida e o desenvolvimento de competências fundamentais para a vida acadêmica e profissional

**Desafios do ensino e a aprendizagem da função quadrática**

A função quadrática é um conteúdo central da Matemática escolar, essencial na transição da Álgebra elementar para o Cálculo, a Geometria Analítica e a Análise Matemática. O seu ensino deve ir além da memorização de fórmulas, exigindo a construção de significados, a articulação entre representações e a aplicação do conhecimento na resolução de problemas.

Não obstante a sua relevância, a literatura em Educação Matemática aponta dificuldades recorrentes, atribuídas à abstração do tema e a práticas pedagógicas ainda focadas na transmissão e na repetição mecanizada. Entre os principais obstáculos, figuram a confusão entre função, equação e gráfico, a interpretação inadequada da parábola e dos seus elementos (raízes, vértice, concavidade e coeficientes) e o recurso excessivo a procedimentos sem compreensão conceitual.

Essa abordagem mecânica compromete a resolução de problemas contextualizados e a modelação matemática, agravada pela dificuldade em traduzir situações reais para linguagem algébrica, pela heterogeneidade dos ritmos de aprendizagem e pela ansiedade matemática, que afeta a motivação e a autoconfiança dos estudantes.

Do ponto de vista metodológico, persistem práticas centradas na exposição e na memorização, frequentemente desconectadas de contextos reais e de abordagens investigativas. A ausência ou o uso pouco exploratório de tecnologias digitais também limita a compreensão dinâmica da função quadrática.

Para superar esses desafios, destacam-se estratégias pedagógicas como a contextualização dos conteúdos em situações reais, o uso de múltiplas representações (algébrica, gráfica, numérica e verbal), a integração de tecnologias como o GeoGebra, e a adoção da resolução de problemas como eixo estruturador do ensino. Estas abordagens favorecem a visualização, a exploração e a compreensão conceitual dos conteúdos.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Além disso, a aprendizagem colaborativa, a valorização do erro como parte do processo cognitivo, o desenvolvimento da argumentação matemática e a avaliação formativa contribuem para uma aprendizagem mais significativa e autónoma.

Neste contexto, o professor assume o papel de mediador, responsável por criar ambientes de investigação, propor desafios e orientar a construção do conhecimento, enquanto o estudante passa a ser agente ativo do seu processo de aprendizagem da função quadrática.

**Estratégias metodológicas para o ensino da função quadrática**

O ensino da função quadrática exige estratégias que vão além da exposição tradicional de fórmulas e procedimentos algorítmicos. Trata-se de um conteúdo que articula álgebra, geometria e interpretação de fenômenos, sendo particularmente sensível à forma como é apresentado. Uma abordagem metodológica eficaz deve promover compreensão conceitual, flexibilidade de representação e capacidade de resolução de problemas.

Uma das estratégias centrais é a aprendizagem baseada na resolução de problemas. Em vez de iniciar com a definição formal $f(x) = ax^2 + bx + c$, o ensino pode começar com situações que conduzam a uma relação quadrática, como a trajetória de um projétil ou a maximização de uma área. Este tipo de abordagem permite que o conceito surja como necessidade de modelação, e não como imposição formal. O estudante passa a perceber que a parábola não é apenas uma curva abstrata, mas uma resposta matemática a fenômenos reais.

Outra estratégia fundamental é o uso de múltiplas representações. A função quadrática deve ser explorada simultaneamente nas formas algébrica, gráfica, tabelar e verbal. Por exemplo, a expressão algébrica permite identificar coeficientes e manipular a função; o gráfico permite visualizar concavidade, vértice e raízes ou zeros da função; a tabela de valores ajuda a perceber o comportamento local; e a descrição verbal liga o conceito ao contexto. A articulação entre estas representações desenvolve flexibilidade cognitiva e reduz a dependência de procedimentos mecânicos.

O ensino deve também privilegiar a exploração do significado dos parâmetros. Em vez de apenas calcular, os alunos devem investigar o papel de $a, b$ e $c$. Pequenas variações nesses coeficientes podem ser analisadas para compreender como a parábola se desloca, se abre ou se inverte. Este tipo de exploração favorece uma aprendizagem mais intuitiva e estruturada, aproximando o aluno de uma visão funcional da Matemática.

Outra estratégia relevante é a construção de argumentação matemática. Os estudantes devem ser incentivados a justificar por que motivo o vértice representa um máximo ou mínimo, ou por que razão o sinal de $a$ determina a concavidade da parábola. Esta prática desenvolve o



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

raciocínio dedutivo e reduz a aprendizagem baseada em memorização. Em vez de aceitar resultados, o estudante aprende a fundamentá-los.

A aprendizagem colaborativa favorece a troca de estratégias, a identificação de erros conceituais e a construção partilhada do conhecimento, enquanto a progressão didática estruturada, do concreto ao abstrato, facilita a compreensão gradual dos conceitos matemáticos e o desenvolvimento de competências mais avançadas.

**Tecnologias digitais no ensino da Matemática**

A integração de tecnologias digitais ao ensino da Matemática reconfigura as práticas pedagógicas ao expandir as possibilidades de representação, exploração e comunicação dos saberes matemáticos. *Softwares* matemáticos como GeoGebra, Maxima, Maple, Matlab, Mathematica, Python entre outros oferecem um leque diversificado de estratégias para distintos níveis de ensino.

Entre as contribuições dessas ferramentas, a visualização dinâmica converte conceitos abstratos em objetos concretos por meio de gráficos, animações e interações, promovendo uma compreensão tanto intuitiva quanto analítica. A experimentação, por sua vez, estimula a formulação de conjecturas, pois o estudante manipula parâmetros e testa hipóteses em tempo real – o que fortalece o raciocínio exploratório anterior à formalização teórica. Além de reduzir o esforço com cálculos repetitivos, automatizando-os para focar na interpretação e modelação, tais recursos permitem percursos diferenciados, adaptados ao ritmo individual, o que amplia a inclusão e a participação. Por fim, a simulação de contextos reais viabiliza a modelação de fenômenos cotidianos e científicos, consolidando a interface entre a Matemática e outras áreas do conhecimento.

**O papel da tecnologia no ensino da função quadrática**

A tecnologia desempenha um papel cada vez mais central no ensino da Matemática, especialmente em tópicos como a função quadrática, onde a visualização dinâmica e a experimentação numérica são fundamentais para a compreensão conceitual. O uso de ferramentas digitais permite transformar o ensino de uma abordagem estática para uma experiência interativa e investigativa.

Um dos principais contributos da tecnologia é a visualização dinâmica de gráficos de funções. *Softwares* como GeoGebra ou calculadoras gráficas permitem representar instantaneamente a parábola associada a uma função quadrática. Ao alterar os coeficientes $a, b$ e $c$, o estudante observa em tempo real as transformações no gráfico. Esta interação facilita a



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

compreensão de conceitos como concavidade, vértice, raízes e eixo de simetria, que muitas vezes são difíceis de apreender apenas por meio de métodos tradicionais.

A tecnologia possibilita a exploração experimental de conceitos matemáticos, permitindo que os estudantes investiguem a influência dos parâmetros da função quadrática na representação gráfica. Essa abordagem aproxima a aprendizagem do método científico, estimulando a formulação de hipóteses e a análise de resultados. Além disso, favorece a modelação matemática com dados reais ou simulados, possibilitando o ajuste de funções, a identificação de tendências e a interpretação de fenômenos. Os recursos digitais permitem integrar diferentes representações, como expressão algébrica, gráfico e tabela de valores, facilitando a compreensão dos conceitos matemáticos. Também apoiam a aprendizagem autônoma, permitindo aos alunos explorar conteúdos, testar estratégias e desenvolver maior autonomia. A tecnologia contribui ainda para a simulação de situações contextualizadas, como fenômenos físicos relacionados à trajetória de objetos, favorecendo a compreensão de conceitos como o vértice e a variação da altura de uma parábola. Entretanto, seu uso deve estar associado a uma prática pedagógica crítica, em que as ferramentas digitais sejam utilizadas como suporte ao raciocínio matemático e à construção do conhecimento, evitando interpretações superficiais dos resultados.

**Potencialidades do GeoGebra no ensino da função quadrática**

Nesse panorama, o GeoGebra se distingue como um software de matemática dinâmica que integra geometria, álgebra, estatística e cálculo, sendo particularmente valioso no estudo da função quadrática. Sua principal virtude reside na articulação simultânea das representações gráfica, algébrica e numérica, o que propicia uma visão integrada e multifacetada do conceito.

A literatura confirma esse potencial: para Fonseca (2018), o uso de ambientes dinâmicos supera a rigidez das representações estáticas ao permitir construções manipuláveis, facilitando a apreensão matemática. Parreira e Freitas (2016) acrescentam que tais ferramentas redimensionam a aula expositiva tradicional, fomentando ambientes interativos e centrados no estudante. Essa perspectiva alinha-se aos estudos de Duval (2011), que enfatizam a importância da articulação entre múltiplos registros de representação no ensino, especialmente no âmbito do Cálculo e da análise funcional.

No ensino da função quadrática, o GeoGebra permite explorar de forma dinâmica conceitos essenciais, tais como: a representação gráfica da parábola; a influência dos coeficientes $\boldsymbol{a, b}$ e $\boldsymbol{c}$ na função, posição e orientação do gráfico; a determinação das raízes ou zeros da função; a identificação do vértice e do eixo de simetria; os intervalos de crescimento e



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

decrescimento; os pontos de máximo ou mínimo; a interpretação do domínio e da imagem; bem como a modelação de situações reais, facilitando a visualização, a experimentação e a resolução de problemas de forma interativa.

**Desenho de sequências didáticas investigativas**

O desenho de Sequências Didáticas Investigativas (SDI) no ensino técnico-profissional constitui uma estratégia que rompe com os modelos tradicionais centrados na memorização de procedimentos e na resolução mecânica de exercícios. À luz da Teoria das Situações Didáticas (TSD), proposta por Brousseau (2008), a sequência de ensino deve organizar um ambiente de aprendizagem no qual o estudante interaja ativamente com situações-problema, construa estratégias de resolução e desenvolva conhecimentos de forma autônoma. Segundo o autor, a aprendizagem matemática ocorre por meio das dialéticas de ação, formulação e validação, culminando na institucionalização do conhecimento pelo professor.

A Sequência Didática Investigativa (SDI) no ensino de funções quadráticas desloca o foco da memorização de fórmulas para a análise de problemas reais, conduzindo os alunos a modelar, interpretar e validar soluções. Esse processo é estruturado pela metodologia de Polya (compreensão, plano, execução e reflexão), que potencializa o raciocínio lógico e a autonomia. No Instituto Politécnico João Paulo II, tais etapas são aplicadas a contextos profissionais concretos, como otimização de custos, maximização de lucros e dimensionamento de estruturas. A heurística de Jungk complementa a abordagem ao incentivar a exploração de hipóteses e caminhos diversos. Com isso, a parábola deixa de ser um tópico abstrato e curricular para consolidar-se como uma ponte efetiva entre a teoria algébrica e a prática profissional do estudante.

Apresenta-se, a seguir, uma Sequência Didática Investigativa (SDI) destinada ao ensino da função quadrática como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas no Instituto Politécnico João Paulo II. A proposta articula os pressupostos da Teoria das Situações Didáticas de Brousseau (2008), as etapas da Resolução de Problemas de Polya (1995) e as estratégias heurísticas de Jungk (1982), recorrendo ao GeoGebra como recurso tecnológico para a exploração, visualização e validação dos modelos matemáticos.

A organização geral da SDI compreende as seguintes fases:

- Situação-problema contextualizada: apresentação de um problema real suscetível de ser modelado por uma função quadrática.
- Fase 1- Ação e compreensão: análise da situação, identificação das variáveis envolvidas e recolha ou organização dos dados relevantes.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

- Fase 2- Formulação e planeamento: construção do modelo matemático, exploração dinâmica da função quadrática no GeoGebra e análise da influência dos coeficientes na representação gráfica da parábola.
- Fase 3- Validação e execução: resolução do problema por meio de métodos algébricos e gráficos, interpretação dos resultados e confronto das estratégias adotadas pelos estudantes.
- Fase 4- Institucionalização: sistematização, pelo professor, dos conceitos fundamentais da função quadrática, destacando as suas aplicações na modelação matemática e na resolução de problemas em contextos técnicos e profissionais.

## ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA

### 1. Introdução da situação-problema (Ação)

A sequência didática inicia-se com a apresentação de uma situação-problema relacionada com o contexto técnico-profissional dos estudantes. O professor propõe um problema real, como a determinação da área máxima de um terreno utilizando uma quantidade fixa de vedação, a análise da trajetória de um objeto lançado ou a otimização dos custos e dos lucros de um processo produtivo. Organizados em grupos, os alunos analisam a situação, identificam as variáveis envolvidas e discutem possíveis estratégias para resolver o problema.

Fundamentação: esta etapa corresponde à fase de Ação da Teoria das Situações Didáticas de Brousseau (2008) e à etapa de Compreensão do Problema proposta por Polya (1995), em que os estudantes estabelecem o primeiro contato com a situação a investigar e procuram compreender as informações disponíveis.

### 2. Exploração e modelação matemática

Na segunda etapa, os estudantes constroem o modelo matemático da situação-problema, identificando a função quadrática que representa o fenômeno em estudo. Com o auxílio do GeoGebra, exploram dinamicamente a representação gráfica da função, analisam a influência dos coeficientes $a, b$ e $c$ na forma da parábola e investigam o significado do vértice, dos zeros da função e do eixo de simetria. Questões orientadoras e estratégias heurísticas conduzem os estudantes à formulação de conjecturas sobre o comportamento do modelo matemático.

Fundamentação: esta fase corresponde à Formulação de Brousseau (2008), favorecendo a construção de modelos explicativos e a mobilização de diferentes registros de



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

representação semiótica (Duval, 1995), mediante a articulação entre as representações verbal, algébrica, gráfica e numérica da função quadrática.

**3. Debate, Validação e Resolução do Problema**

Após a construção do modelo matemático, os estudantes resolvem o problema utilizando métodos algébricos e gráficos, interpretam os resultados obtidos e discutem as estratégias adotadas. Com o GeoGebra, verificam se os resultados encontrados correspondem às características observadas no gráfico da parábola, analisando, por exemplo, o valor máximo ou mínimo da função, as raízes e a coerência da solução em relação ao contexto apresentado.

Fundamentação: esta etapa corresponde à fase de Validação de Brousseau (2008) e à etapa de Execução do Plano de Polya (1995). O confronto de estratégias, a análise crítica dos resultados e a argumentação entre os estudantes favorecem a consolidação dos conceitos matemáticos e o desenvolvimento do raciocínio investigativo.

**4. Síntese e institucionalização**

Na etapa final, o professor sistematiza os conhecimentos construídos ao longo da investigação, formalizando os conceitos fundamentais da função quadrática e destacando o seu papel como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas. São institucionalizados conceitos como a expressão geral da função quadrática,

$f(x) = ax^2 + bx + c$, bem como o significado dos coeficientes, das raízes, do eixo de simetria e do vértice e a sua utilização na determinação de valores máximos e mínimos em diferentes contextos práticos.

Fundamentação: esta etapa corresponde à fase de Institucionalização de Brousseau (2008), momento em que o conhecimento produzido durante a investigação é organizado, formalizado e integrado ao saber matemático escolar.

Contudo, ao aplicar esse desenho didático no Instituto Politécnico João Paulo II, o principal ganho pedagógico reside no fato de que os conceitos da função quadrática não são apresentados como fórmulas abstratas a memorizar. Pelo contrário, surgem como instrumentos matemáticos necessários para representar, analisar e resolver problemas concretos que os estudantes investigaram, visualizaram e compreenderam nas etapas anteriores. Assim, a modelação matemática atribui significado aos conceitos e evidencia a utilidade da função quadrática na interpretação de fenômeno reais e na tomada de decisões.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

**Transposição didática da função quadrática em contextos técnico-profissionais**

A transposição didática constitui um elemento central da prática educativa, pois estabelece a ligação entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar. Segundo Chevallard (1991, apud Pais, 2011), um conteúdo de conhecimento, inicialmente definido como saber a ensinar, é submetido a um conjunto de transformações adaptativas que possibilitam sua incorporação aos objetos de ensino.

A Teoria da Transposição Didática articula contributos da epistemologia da ciência, das teorias cognitivas, da didática e das teorias sociais para compreender e analisar os mecanismos que regulam a transformação do conhecimento produzido nos contextos de investigação científica. Esse processo envolve a passagem do saber (conhecimento científico) para o meio acadêmico, deste para os manuais e programas escolares e, posteriormente, para a sala de aula, onde se converte em saber ensinado e, finalmente, em saber aprendido.

A transposição didática da função quadrática transfere o foco da resolução mecânica para a compreensão de seus elementos estruturais — coeficientes, vértice, raízes e otimização, transformando o conteúdo em ferramenta aplicável ao cotidiano. No Instituto Politécnico João Paulo II, esse processo é direcionado às demandas dos cursos técnicos, abrangendo situações como trajetórias de projéteis, dimensionamento estrutural, gestão de custos e rendimento industrial. O GeoGebra potencializa essa aprendizagem ao conectar as representações algébrica, gráfica e contextual por meio da manipulação dinâmica da parábola. Assim, o estudante desenvolve competências essenciais de modelagem, análise crítica e tomada de decisão a partir dos resultados obtidos. Essa abordagem consolida a matemática como um pilar relevante para a formação profissional, evidenciando sua utilidade prática além da sala de aula.

**Formação docente para o uso pedagógico das tecnologias digitais**

A formação docente para o uso pedagógico das tecnologias digitais no ensino técnico-profissional deve ultrapassar o domínio operacional das ferramentas informáticas, contemplando competências para planear e implementar Sequências Didáticas Investigativas que promovam a aprendizagem significativa da função quadrática como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas. No contexto do Instituto Politécnico João Paulo II, essa formação deve favorecer a transposição didática do conhecimento matemático, articulando os conteúdos curriculares com as necessidades das diferentes áreas técnicas e profissionais.

Nesse processo, o GeoGebra destaca-se como um recurso pedagógico de elevado potencial, por possibilitar a exploração dinâmica da função quadrática, a manipulação dos seus parâmetros e a visualização imediata das alterações produzidas na representação gráfica da



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

parábola. Essa abordagem requer que o professor promova a articulação entre as representações algébrica, gráfica, tabular e numérica, favorecendo uma compreensão mais profunda dos conceitos envolvidos nessa função.

Ao integrar diferentes formas de representação, o docente assume o papel de mediador da aprendizagem, estimulando o desenvolvimento do raciocínio matemático, da capacidade de modelação e da resolução de problemas contextualizados. Consequentemente, essa perspectiva implica também uma reconfiguração das práticas avaliativas, privilegiando uma avaliação formativa centrada na compreensão conceitual, na construção de modelos matemáticos, na interpretação de resultados e na aplicação do conhecimento a situações reais, em detrimento da simples reprodução de procedimentos algébricos.

## VALIDAÇÃO, REFINAMENTO E LIMITAÇÕES DOS MODELOS QUADRÁTICOS

A validação de um modelo matemático corresponde ao processo de verificação da sua capacidade para representar adequadamente o fenômeno estudado. Um modelo é considerado válido quando as suas previsões apresentam boa concordância com os dados observados, dentro de uma margem de erro aceitável. Importa salientar que validar um modelo não significa comprovar a sua veracidade absoluta, mas sim garantir que ele é suficientemente adequado para responder às questões propostas.

No caso da modelação matemática, a construção de uma expressão algébrica que descreva um fenômeno representa apenas uma etapa inicial. O rigor científico emerge na fase seguinte, que envolve a validação, o refinamento e a análise crítica das limitações do modelo. Quando se utiliza uma função quadrática para descrever um fenômeno real, procura-se ajustar uma curva idealizada a uma realidade frequentemente imperfeita, sujeita a ruído e a restrições físicas.

### 1. Validação do modelo

A validação consiste em confrontar as previsões do modelo com os dados empíricos, permitindo aferir a sua fiabilidade. Este processo pode ser analisado através de três aspectos principais:

- Análise dos resíduos: corresponde à diferença entre os valores observados e os valores estimados pelo modelo. Resíduos pequenos e distribuídos aleatoriamente indicam um bom ajustamento; padrões sistemáticos sugerem que o modelo não capta adequadamente o fenômeno.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

- Interpretação dos pontos críticos: elementos como raízes e vértice devem ser coerentes com o contexto físico ou real. Por exemplo, uma altura máxima obtida por um modelo de trajetória deve ser compatível com observações experimentais.
- Coeficiente de determinação: em contextos estatísticos, indica a proporção da variabilidade dos dados explicados pelo modelo. Valores próximos de $1$ indicam elevado grau de ajustamento.

**2. Refinamento do modelo**

O refinamento corresponde ao processo iterativo de melhoria do modelo matemático, tornando-o mais preciso e representativo. No caso da função quadrática, pode envolver:

- Ajuste de parâmetros: atualização dos coeficientes $a, b$ e $c$ com base em novos dados ou métodos estatísticos de regressão.
- Incorporação de fatores adicionais: inclusão de efeitos como resistência do ar ou atrito, que podem alterar o comportamento idealizado do modelo.
- Modelação por intervalos: utilização de funções por partes quando o fenômeno não pode ser descrito adequadamente por uma única parábola em todo o domínio.

**3. Limitações dos modelos quadráticos**

Apesar da sua utilidade, os modelos quadráticos apresentam limitações intrínsecas que devem ser consideradas:

- Extrapolação inadequada: a parábola estende-se ao infinito, o que pode conduzir a previsões irreais quando aplicada fora do domínio de validade.
- Simetria obrigatória: a função quadrática é simétrica, o que nem sempre corresponde ao comportamento assimétrico de fenômenos reais, como crescimento populacional ou processos de decaimento.
- Ponto de extremo: o modelo admite apenas um vértice, o que impede a representação de fenômenos com múltiplas variações ou oscilações.

**4. Domínio de validade do modelo**

A modelagem matemática reconhece que nenhuma função descreve a realidade por completo, exigindo a restrição do domínio a um intervalo de validade para que os resultados mantenham significado físico. O processo é iterativo, envolvendo validação e refinamento constantes, o que evidencia o caráter aproximativo dos modelos. Desse modo, a função



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

quadrática não apenas desenvolve competências técnicas, mas também cultiva um pensamento crítico e rigoroso, consciente das limitações inerentes à representação matemática da realidade.

## ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS PARA O ENSINO DA FUNÇÃO QUADRÁTICA

O ensino da função quadrática exige estratégias que vão além da exposição tradicional de fórmulas e procedimentos algorítmicos. Trata-se de um conteúdo que articula álgebra, geometria e interpretação de fenômenos, sendo particularmente sensível à forma como é apresentado. Uma abordagem metodológica eficaz deve promover compreensão conceitual, flexibilidade de representação e capacidade de resolução de problemas.

Uma das estratégias centrais é a aprendizagem baseada na resolução de problemas. Em vez de iniciar com a definição formal $f(x) = ax^2 + bx + c$, o ensino pode começar com situações que conduzam a uma relação quadrática, como a trajetória de um projétil ou a maximização de uma área. Ao adotar essa perspetiva, o conceito não se apresenta como imposição formal, mas como resposta a uma necessidade de modelação, levando o aluno a compreender a parábola não como abstração, mas como expressão matemática de situações concretas."

Explorar a função quadrática simultaneamente nas formas algébrica, gráfica, tabelar e verbal é outra estratégia-chave. Enquanto a expressão algébrica faculta a manipulação e a identificação de coeficientes, o gráfico expõe a concavidade, o vértice e as raízes; a tabela clarifica o comportamento local, e a descrição verbal contextualiza o conceito. Essa articulação múltipla fomenta a flexibilidade cognitiva e atenua o recurso a procedimentos mecânicos.

O ensino deve também privilegiar a exploração do significado dos parâmetros. Em vez de apenas calcular, os estudantes devem investigar o papel de $a, b$ e $c$. Pequenas variações nesses coeficientes podem ser analisadas para compreender como a parábola se desloca, se abre ou se inverte. Este tipo de exploração favorece uma aprendizagem mais intuitiva e estruturada, aproximando o aluno de uma visão funcional da Matemática.

Outra estratégia relevante é a construção de argumentação matemática. Os estudantes devem ser incentivados a justificar por que motivo o vértice representa um máximo ou mínimo, ou por que razão o sinal de $a$ determina a concavidade. Esta prática desenvolve o raciocínio dedutivo e reduz a aprendizagem baseada em memorização. Em vez de aceitar resultados, o estudante aprende a fundamentá-los.

A aprendizagem colaborativa também desempenha um papel importante no ensino da função quadrática. A discussão entre pares permite confrontar diferentes estratégias de



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

resolução, identificar erros conceituais e construir significados de forma partilhada. Ao explicar o seu raciocínio a outros, o estudante consolida a própria compreensão e desenvolve competências de comunicação matemática.

Finalmente, destaca-se a importância da progressão didática estruturada, em que se evolui gradualmente de situações concretas para abstrações mais complexas. Inicialmente, trabalha-se com exemplos visuais e intuitivos; posteriormente, introduzem-se generalizações, fórmulas e demonstrações. Esta progressão respeita o desenvolvimento cognitivo do estudante e facilita a transição para níveis mais avançados da Matemática.

## METODOLOGIA

A metodologia adotada estrutura-se em duas frentes complementares: uma revisão bibliográfica, para fundamentar teoricamente os conceitos de função quadrática e modelagem matemática; e uma investigação de campo, de natureza mista, para avaliar a aplicação prática desses conteúdos mediada pelo GeoGebra.

A vertente qualitativa, adequada ao campo educacional, ocupa-se dos significados, motivações e atitudes dos sujeitos – dimensões que não se reduzem a variáveis rígidas, buscando compreender como os alunos interpretam a parábola, seus elementos (raízes, vértice, concavidade) e a tradução de fenômenos cotidianos para a linguagem algébrica. Já a vertente quantitativa recorre à coleta e análise de dados numéricos, obtidos por meio de pré-testes, pós-testes e registros de atividades no *software* matemático, com o intuito de mensurar estatisticamente o impacto da intervenção no desempenho dos estudantes.

Quanto aos objetivos metodológicos, a pesquisa assume caráter exploratório ao propor situações-problema contextualizadas – como trajetórias parabólicas, otimização de áreas e análises de custo-benefício, incentivando os alunos a formular hipóteses, manipular parâmetros no GeoGebra e deduzir a lei de formação da função a partir de dados reais. Simultaneamente, assume caráter descritivo ao sistematizar os procedimentos algébricos e as propriedades da função quadrática (cálculo de zeros da função, coordenadas do vértice, estudo do sinal e da imagem), garantindo que esses recursos sejam corretamente aplicados na modelagem e na interpretação dos resultados obtidos.

A pesquisa bibliográfica, por sua vez, embasou-se na consulta a livros, manuais escolares e materiais acadêmicos, selecionando exemplos práticos que evidenciam a utilidade da função quadrática como ferramenta para representar relações entre variáveis e subsidiar tomadas de decisão em diversas áreas do conhecimento.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O foco central da investigação reside em compreender, descrever e interpretar a transição cognitiva do pensamento estático para o dinâmico – ou seja, como o aluno passa de uma visão isolada da fórmula para a compreensão sistêmica do comportamento parabólico. Essa análise é orientada pela Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 2000), buscando identificar indícios de ancoragem conceitual em intervenções mediadas por tecnologias digitais, considerando a construção gradual, consciente e sistemática do conhecimento sobre a função quadrática.

**Caracterização dos participantes da pesquisa e contexto do estudo**

A pesquisa foi desenvolvida no Instituto Politécnico João Paulo II, situado no município e província de Cabinda, Angola. O cenário da intervenção prática selecionado para possibilitar o acesso individual ou em pares ao *software* GeoGebra foi o Laboratório de Informática da instituição.

A população deste estudo está constituída por 177 elementos dos quais 174 alunos da 10ª classe correspondentes a 3 turmas ($A$, $B$ e $C$) e 3 professores de Matemática do curso de Informática, no ano letivo 2024-2025, sendo a turma $A$ com $61$ alunos, a $B$ com $59$ alunos e a $C$ com $54$ alunos: As turmas $A$ e $B$ são do período regular e a turma $C$ do período pós-laboral. A tabela 1 abaixo ilustra a distribuição.

**Tabela 1.** Distribuição da população por segmento e curso (10ª Classe)

| **Segmento da Amostra** | **Curso** | **Turmas** | **Frequência absoluta (n)** |
|---|---|---|---|
| Estudantes | Informática | $A$ | $61$ |
| | | $B$ | $59$ |
| | | $C$ | $54$ |
| Professores | Docentes de Matemática das respetivas especialidades | ____ | $174$ |
| Total de Amostra | Participantes ativos da pesquisa | 3 Turmas | **177** |

Fonte: Pesquisa de campo/2025.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Cada um dos três professores selecionados fica responsável por uma turma do curso de Informática, enquanto as restantes turmas são distribuídas pelos outros cursos, nomeadamente Desenho Projetista, Metalomecânica, Máquinas e Motores e Instalações Elétricas, entre outros.

**Procedimento amostral e critérios de seleção**

A definição da amostra — composta por 120 participantes — baseou-se na conjugação de duas técnicas de amostragem, orientadas por critérios pedagógicos (diversidade de turmas) e estatísticos (representatividade proporcional). Para o segmento discente, aplicou-se a amostragem aleatória estratificada proporcional, tendo como base as listas de chamada das três turmas da 10.ª classe, de modo a garantir que todos os estratos formativos estivessem representados. Foram adotados como critérios de inclusão a matrícula regular no curso técnico de Informática e a assiduidade plena em todas as fases da intervenção — pré-teste, sessões mediadas pelo GeoGebra e pós-teste. Essa articulação mista assegurou tanto a validade interna do desenho experimental como a representatividade dos diferentes estratos do Instituto Politécnico João Paulo II, conforme sintetizado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Distribuição dos alunos da amostra por especialidade técnica e turma (10ª Classe)

| **Segmento da Amostra** | **Curso** | **Turmas** | **Frequência absoluta ($n$)** |
|---|---|---|---|
| Estudantes | Informática | $A$ | 42 |
| | | $B$ | 41 |
| | | $C$ | 37 |
| Total de Amostra | | | **120** |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme a Tabela 2, a amostra compõe-se de 120 alunos da 10.ª classe, repartidos equilibradamente pelas três turmas (37 a 41 por grupo), e de 3 professores de Matemática. Essa configuração proporcional e mista atenua vieses no pós-teste e viabiliza a triangulação de dados, ao cruzar o progresso dos alunos no GeoGebra com as abordagens didáticas e os desafios de transposição referidos pelos docentes.

Validação dos instrumentos de coleta: Os instrumentos de coleta – pré-teste, pós-teste, atividades monitoradas no GeoGebra e questionário de percepção – foram concebidos com base nos objetivos e nos referenciais teóricos da pesquisa e, em seguida, submetidos à avaliação de



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

especialistas para atestar clareza, pertinência e adequação ao contexto. O processo de validação, estruturado em três etapas, está sistematizado no Quadro 1.

**Quadro 1.** Etapas, procedimentos e criterio de aceitação

| Etapas | Procedimentos | Critério de aceitação |
|---|---|---|
| **Validade de conteúdo** | Submissão a um comité de 3 especialistas (Mestres em Ensino da Matemática), que avaliam clareza, representatividade e pertinência teórica. | Coeficiente de validade de conteúdo (CVC) $\geq 0{,}80$. |
| **Pré-teste** | - Aplicação dos instrumentos a $120$ alunos.<br>- Verificação de instruções, tempo médio de resposta e compreensão das questões. | Tempo médio compatível com a duração da aula (até 1h); nenhuma questão com taxa de omissão $> 20\%$. |
| **Confiabilidade** | Cálculo do alfa de Cronbach para as questões objetivas do pré-teste e pós-teste. | $\alpha \geq 0{,}70$. |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a análise quantitativa, empregaram-se técnicas estatísticas descritivas e comparativas, com o intuito de identificar tendências, variações e diferenças significativas nos resultados obtidos. Quanto à análise qualitativa, procedeu-se à categorização temática e à interpretação dos significados expressos pelos participantes, buscando-se padrões, relações e indícios de aprendizagem ancorados nos referenciais teóricos adotados. Essa dupla via de tratamento dos dados permitiu uma compreensão mais abrangente do fenômeno investigado.

No que concerne aos aspectos éticos, todos os participantes aderiram voluntariamente à pesquisa, após esclarecimentos sobre objetivos e procedimentos. Assegurou-se o sigilo da identidade e das informações coletadas, restringindo seu uso ao âmbito científico. Foi igualmente garantido o direito de desistência a qualquer momento, sem implicações acadêmicas, e todas as etapas obedeceram às normas éticas e institucionais vigentes.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

**Protocolo da intervenção de duas semanas**

A intervenção teve duração de duas semanas consecutivas, 2 horas por di**a** (total de 15 horas). O quadro abaixo sintetiza o protocolo:

**Quadro 2.** Protocolo da intervenção (2 semanas – 14 dias)

| Dias | Atividade principal | Duração |
|---|---|---|
| 1 e 2 | Pré-teste + tutorial GeoGebra | $2h + 1h$ |
| 3 e 4 | Estudo da função quadrática + discussão coletiva. | $1h + 1h$ |
| 5 e 6 | Situação-problema: Quantidade de produtos que maximiza o lucro de uma empresa + discussão coletiva. | $1h + 1h$ |
| 7 e 8 | Situação-problema: Determinação da altura máxima atingida por um projetil + discussão coletiva | $1{,}5h + 0{,}5h$ |
| 9 e 10 | Situação-problema: Determinação de instante que a bola atinge a altura máxima + discussão colectiva | $1h + 1h$ |
| 11 e 12 | Situação-problema: Quantidade de kg de fertilizante a ser utilizado para a obtenção da produção de milho + discussão coletiva. | $1h + 1h$ |
| 13 e 14 | Pós-teste + questionário de percepção + encerramento | $1h + 0{,}5h + 0{,}5h$ |

Fonte: Elaborado pelos autores.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Para assegurar a reprodutibilidade, todos os arquivos gerados (GeoGebra, roteiros, instrumentos e bases de dados) foram disponibilizados em repositório institucional, com organização, documentação e controle de versões que garantem acesso, replicação e validação dos resultados. Paralelamente, a robustez interpretativa foi fortalecida pela triangulação de dados e métodos, pela revisão independente das análises, pela descrição densa do contexto, pela auditoria do processo investigativo e pelo confronto sistemático dos resultados com os referenciais teóricos de Ausubel – procedimentos que conferem credibilidade e consistência às interpretações.

**Instrumentos de recolha de dados**

Para analisar o processo de aprendizagem da função quadrática como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas, foram utilizados os seguintes instrumentos de recolha de dados:

1. Observação Direta: realizada durante as aulas para registar a participação dos estudantes, as estratégias utilizadas na resolução de problemas e as dificuldades encontradas na utilização do GeoGebra.
2. Análise Documental: incidiu sobre o programa da disciplina, planos curriculares e manuais escolares, permitindo fundamentar a elaboração da sequência didática.
3. Questionário: aplicado aos estudantes da 10.ª classe para avaliar as suas percepções sobre a utilização do GeoGebra e o seu contributo para a aprendizagem da função quadrática.
4. Entrevistas Semiestruturadas: realizadas com os professores de Matemática para identificar as estratégias de ensino utilizadas, as dificuldades dos discentes e as potencialidades do GeoGebra.
5. Teste Diagnóstico (Pré**-teste):** aplicado antes da intervenção para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a função quadrática.
6. Teste de Avaliação Final (Pós-teste): aplicado após a intervenção para avaliar os conhecimentos adquiridos e verificar a eficácia da sequência didática e da utilização do GeoGebra na aprendizagem da função quadrática, por meio da comparação dos resultados com o pré-teste.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção apresentam-se os principais resultados da investigação, com o objetivo de analisar o ensino da função quadrática como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas no Instituto Politécnico João Paulo II. A análise procura identificar as dificuldades dos estudantes, avaliar as práticas pedagógicas adotadas pelos docentes e refletir sobre estratégias que promovam uma aprendizagem mais significativa.

### Observação de aulas

A observação de aulas permitiu analisar a atuação dos professores no ensino da função quadrática. Verificou-se que, embora os docentes demonstrassem domínio dos conteúdos, predominava uma metodologia tradicional, centrada na exposição dos conceitos e na resolução mecânica de exercícios, com reduzida participação dos estudantes.

A observação incidiu sobre a organização dos conteúdos, as estratégias de ensino, a utilização de tecnologias digitais, a construção do conceito da função quadrática e a aplicação de metodologias ativas. Constatou-se a inexistência da utilização do GeoGebra e de outros recursos tecnológicos que favorecessem a visualização da parábola, a exploração das propriedades da função quadrática e a sua aplicação na modelação matemática e na resolução de problemas.

Os resultados evidenciam a necessidade de integrar metodologias investigativas e tecnologias digitais no ensino da Matemática, de modo a promover maior participação dos estudantes, desenvolver competências de modelação matemática e tornar a aprendizagem da função quadrática mais contextualizada, dinâmica e significativa.

### Análise documental

A análise dos manuais e programas de Matemática utilizados no Instituto evidencia limitações no tratamento do tema função quadrática, o que compromete o seu potencial como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas. Observa-se que o conteúdo nem sempre é explorado de forma aprofundada e articulada, o que dificulta a prática docente e leva, em alguns casos, à necessidade de recorrer a materiais de outros autores, desde que alinhados ao programa do Ministério da Educação da República de Angola.

O tema função quadrática encontra-se distribuído entre a 10.ª e a 11.ª classes, sendo aprofundado posteriormente na 12.ª classe, no contexto de funções mais complexas e do cálculo diferencial. No entanto, à medida que novos conteúdos são introduzidos, muitos alunos tendem



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

a perder a ligação com conceitos fundamentais da função quadrática, como a sua interpretação gráfica e comportamental, o que evidencia fragilidades na continuidade e consolidação da aprendizagem.

No programa da 12.ª classe, o estudo da função quadrática surge sobretudo associado a máximos e mínimos, sem uma orientação clara para a resolução de problemas contextualizados e de modelação matemática. Essa limitação reduz as possibilidades de exploração do tema em situações reais, diminuindo o seu potencial investigativo e aplicado.

Além disso, identificam-se outras fragilidades curriculares, como objetivos pouco explicitados, ausência de orientações metodológicas detalhadas e insuficiência de bibliografia de apoio, o que dificulta a organização do processo de ensino-aprendizagem.

Diante disso, considera-se essencial a inclusão de uma abordagem mais estruturada da função quadrática como instrumento de modelação matemática e resolução de problemas, com destaque para situações de otimização, interpretação de fenômenos reais e integração de metodologias ativas que tornem o ensino mais significativo, dinâmico e contextualizado.

**Questionário**

O questionário desta pesquisa foi aplicado a três professores da 10.ª classe, com o objetivo de analisar o ensino da função quadrática numa perspectiva de modelação matemática e resolução de problemas. A sua elaboração contemplou diferentes dimensões, permitindo compreender o nível de conhecimento docente, as práticas pedagógicas adotadas e as principais dificuldades enfrentadas no processo de ensino-aprendizagem.

Foram consideradas as seguintes dimensões: dados sociodemográficos dos docentes; utilização do GeoGebra no ensino da função quadrática; motivação no processo de ensino-aprendizagem; dificuldades enfrentadas por professores e estudantes na compreensão e aplicação do conteúdo; e o rendimento acadêmico dos alunos.

A análise dessas dimensões permitiu identificar desafios e potencialidades no ensino da função quadrática, sobretudo no que se refere à sua abordagem como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas.

**Entrevistas semiestruturadas**

Neste estudo, foram entrevistados três professores de Matemática da 10.ª classe e dois estudantes do curso de Informática do Instituto Politécnico João Paulo II, com o objetivo de



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

compreender o ensino da função quadrática numa perspectiva de modelação matemática e resolução de problemas.

As entrevistas, orientadas por um roteiro estruturado, abordaram aspectos como formação docente, planificação das aulas, estratégias de ensino, dificuldades na abordagem da função quadrática e sua aplicação em problemas contextualizados, bem como o uso de tecnologias digitais como o GeoGebra.

Os resultados indicam que os professores reconhecem dificuldades na resolução de problemas envolvendo a função quadrática e, de modo geral, não utilizam recursos tecnológicos no ensino, embora demonstrem abertura à sua integração. Foi também evidenciado que os estudantes apresentam lacunas em conteúdos matemáticos prévios, o que compromete a aprendizagem de tópicos mais avançados e a sua aplicação em contextos de modelação.

Além disso, destacam-se dificuldades relacionadas com a abordagem metodológica tradicional, a baixa participação dos alunos e a compreensão superficial dos conceitos, frequentemente ensinados de forma mecânica. Apesar disso, os participantes reconhecem a necessidade de metodologias mais ativas e contextualizadas, capazes de promover uma aprendizagem significativa da função quadrática como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas.

**Teste diagnóstico**

O pré-teste aplicado aos estudantes continha três questões, das quais uma relacionada com a representação gráfica das funções quadráticas e duas com resolução de problemas.

A seguir apresentam-se o enunciado e o quadro que espelha esses resultados.

1- Observe as expressões analíticas que definem as funções $f(x)$ e $g(x)$. Represente-as graficamente e indique o sentido da concavidade de cada função quadrática:
   a) $f(x) = -3(x+1)^2$
   b) $g(x) = x - x^2$

2- Uma fissura num reservatório de gasolina provocou um grande vazamento. A partir do instante em que o dano ocorreu, o volume (V) de gasolina restante no reservatório, em milhares de litros, em função do tempo (t), em horas, é dado pela função:

$$V(t) = -2t^2 - 8t + 120$$

Se o vazamento não for reparado, após quantas horas toda a gasolina contida no reservatório será perdida?



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3- Uma bola encontra-se a $0{,}5\ m$ do solo e é lançada verticalmente para cima, com velocidade inicial de $16\ m/s$. Determine a função quadrática que descreve essa situação real, considerando a aceleração da gravidade igual a $(10\ m/s^2)$

A primeira questão tinha a cotação de 10 valores, enquanto a segunda e a terceira valiam 5 cada. Assim, a prova totalizava 20 valores.

O quadro abaixo ilustra os resultados obtidos pelos estudantes desse Instituto Médio.

**Quadro 3**. Resultados do pré-teste dos alunos da 10ª classe

| **Curso de Informática** | **Total de alunos por turma** | **Quantidade de alunos com positiva** | **%** | **Quantidade de alunos com negativa** | **%** |
|---|---|---|---|---|---|
| Turma: $A$ | 42 | 10 | 8,3 | 32 | 26,6 |
| Turma: $B$ | 41 | 6 | 5 | 35 | 29,1 |
| Turma: $C$ | 37 | 6 | 5 | 31 | 25,8 |
| **Total** | **120** | 22 | **18** | 98 | **82** |

Fonte: Elaborado pelos autores com dados do trabalho de campo 2024/2025.

Os resultados do pré-teste evidenciam um baixo nível de domínio da função quadrática, sobretudo na resolução de problemas. Observou-se um desempenho global de 82% de reprovação, com elevados índices de insucesso nos diferentes cursos, destacando-se dificuldades na interpretação de enunciados, organização de dados, modelação matemática e aplicação de conceitos fundamentais da função quadrática e 18% obteve resultado positivo.

A análise qualitativa revelou fragilidades na compreensão conceitual, na interpretação gráfica da parábola e na resolução de problemas contextualizados, o que está em consonância com a literatura, que aponta a função quadrática como um conceito de elevada complexidade devido ao seu nível de abstração e às múltiplas representações envolvidas.

Diante deste cenário, foi implementada uma intervenção pedagógica de duas semanas, baseada numa abordagem problematizadora e no uso do GeoGebra, com foco na função quadrática como ferramenta de modelação matemática e resolução de problemas. A sequência



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

didática foi organizada em três fases: problematização inicial, investigação dinâmica no GeoGebra e síntese com formalização conceitual, permitindo aos estudantes relacionar situações reais com a construção do modelo quadrático.

Estes resultados levaram-nos a concluir que o fraco desempenho dos alunos deveu-se a vários fatores: falta de domínio do conceito da função quadrática, problema, da resolução de problemas, de interesse por sua parte, falta do uso de metodologias ativas e de criatividade por parte dos professores. Estes não experimentam novas formas de ensino alegando de falta de condições materiais na instituição.

Seguidamente, descrevem-se atividades realizadas ao longo das duas semanas, as quais contribuíram para atenuar as dificuldades dos alunos neste conteúdo.

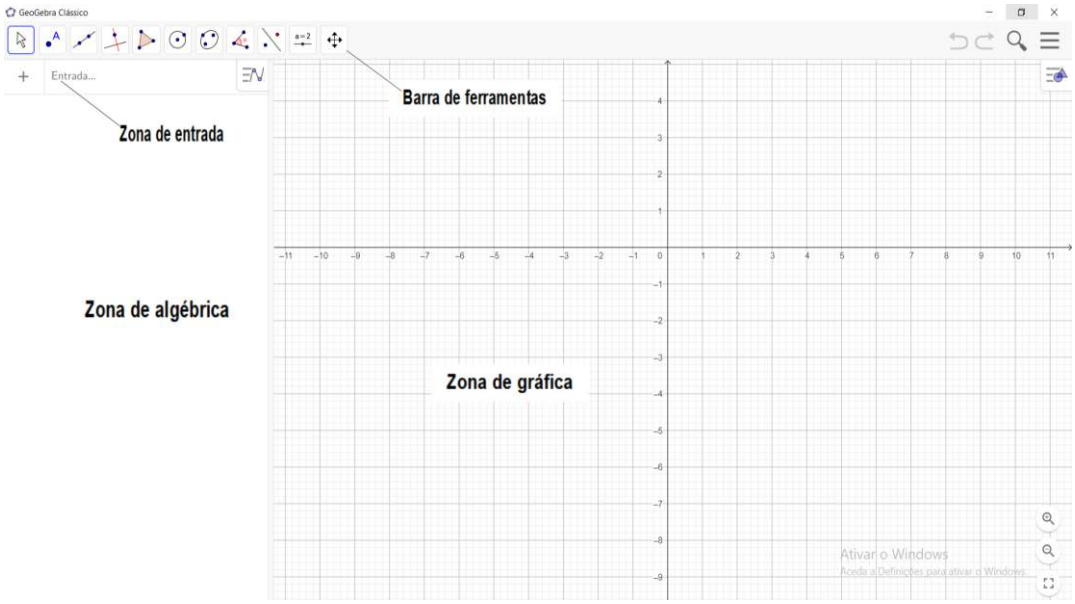
Atividade 1. Breve introdução ao uso do GeoGebra

Objetivos:

- Explicar a necessidade do uso do *software* GeoGebra no processo de ensino-aprendizagem da função quadrática.
- Executar as opções da barra de menus e as suas ferramentas.

Nesta actividade, abriu-se o GeoGebra e começou-se por apresentar a sua tela inicial onde se encontra as barras de ferramentas e as três janelas (algébrica, gráfica e de entrada), conforme ilustra a figura 1.

**Figura 1**. Introdução a tela inicial do Assistente Matemático GeoGebra




Fonte: Gerado no GeoGebra.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Nesta tela, vemos que a primeira denominada janela de entrada, introduzem-se as funções, símbolos, e expressões matemáticas. A segunda é conhecida de janela algébrica, em que as funções são representadas os objetos livres e objetos dependentes. A terceira é denominada janela gráfica, onde aparecem os gráficos das funções introduzidas na barra de entrada.

A Barra de Ferramentas está localizada na parte superior da tela composta por onze ícones, com as ferramentas necessárias para o usuário, movimentar, obter medidas e modificar atributos de objetos construídos. Para acessar basta clicar no ícone desejado.

Atividade 2. Representação gráfica das funções $f(x) = x^2 - 6$ e $g(x) = -x^2 + x - 3$

Objetivo: Representar graficamente as funções dadas.

Ao representar graficamente as funções $f(x) = x^2 - 6$ e $g(x) = -x^2 + x - 3$ pode-se observar a concavidade das parábolas uma voltada para cima e outra para baixo, assim como suas raízes, os extremos e os pontos.

Para isso segue-se os seguintes passos metodológicos:

1º Passo: Abra o programa;

2º Passo: Insira a primeira função $f(x) = x^2 - 6$ na zona de entrada;

3º Passo: Clique nos três pontos a direita da zona de entrada;

4º Passo: Clique em pontos especiais para obter o gráfico onde se observa a parábola com a concavidade voltada para cima, conforme a figura 3;

5º Passo: Insira outra função $g(x) = -x^2 + x - 3$;

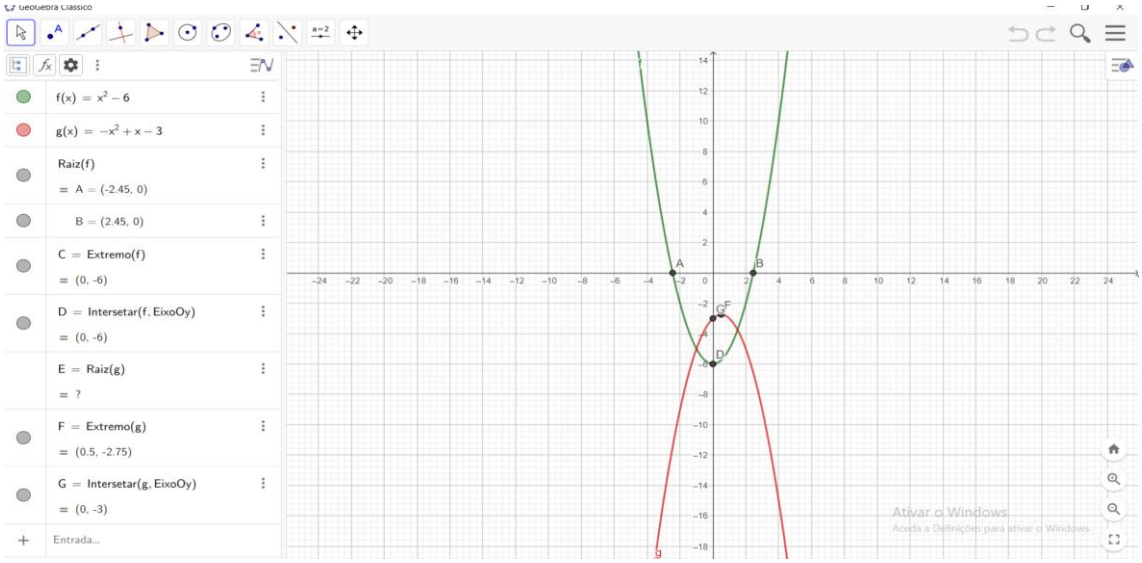
6º Passo: Repita os passos anteriores, e obtem-se o gráfico onde se observa a parábola com a concavidade voltada para baixo.

7º Passo: Insira as duas funções juntas $f(x) = x^2 - 6$ e $g(x) = -x^2 + x - 3$ e repita os passos anteriores e obtem-se os dois gráficos juntos, as parábolas com as suas concavidades uma voltada para cima e outra para baixo, conforme a figura 2.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

**Figura 2.** Gráficos das Funções $f(x) = x^2 - 6$ e $g(x) = -x^2 + x - 3$




Fonte: Gerado no Geogebra pela autora.

Atividade 3: Altura máxima atingida por um projétil com trajetória descrita pela função: $h(x) = -4x^2 + 5$, sabendo que $h$ é a altura do projétil e que $x$ é a distância percorrida por ele, em metros.

Objetivo: Determinar altura máxima atingida por um projétil com trajetória descrita pela função $h(x)$.

Nesta actividade formulam-se as seguintes perguntas de impulso:

- Como calcular o valor máximo de uma função quadrática?
- Existe alguma fórmula específica? Qual?

Para identificar a altura máxima que um projétil pode alcançar, a partir da função que representa sua trajetória, basta calcular o valor máximo dessa função com relação ao eixo $y$, ou seja, a coordenada $y$ do vértice.

No GeoGebra calcula-se seguindo os passos:

1º Passo: Abra o programa;

2º Passo: Insira a função $h(x) = -4x^2 + 5$ na zona de entrada;

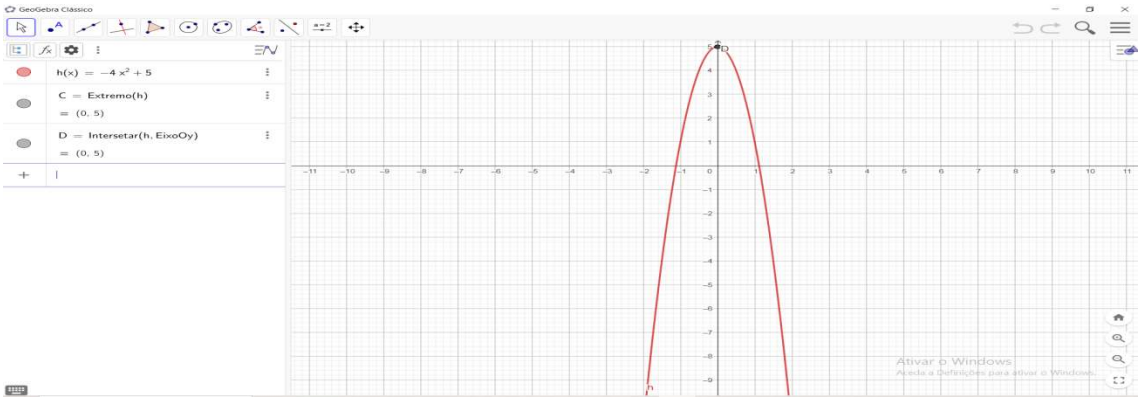
3º Passo: Clique nos três pontos à direita da zona de entrada;

4º Passo: Clique em pontos especiais e obtemos os pontos todos da função, ilustrada na figura 3.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

**Figura 3**. Altura máxima atingida por um projétil




Fonte: Gerado no GeoGebra.

O quadro abaixo ilustra os resultados do pós-teste aplicados aos estudantes da 10ª classe do curso de informática do Instituto Politécnico João Paulo II.

**Quadro 4.** Resultados do pós-teste aplicado aos alunos da 10ª classe do Curso de Informática do IPC

| **Curso de Informática** | **Total de alunos por turma** | **Quantidade de alunos com positiva** | **%** | **Quantidade de alunos com negativa** | **%** |
|---|---|---|---|---|---|
| Turma: $A$ | 42 | 41 | 34,1 | 1 | 0,8 |
| Turma: $B$ | 41 | 39 | 32,5 | 2 | 1,6 |
| Turma: $C$ | 37 | 36 | 30 | 1 | 0,8 |
| **Total** | **120** | 116 | **96,6** | 4 | **3,2** |

Fonte: Elaborado pela autora com dados do trabalho de campo 2024/2025.

Os resultados do pós-teste evidenciaram uma melhoria significativa no desempenho dos alunos, com 97% de aproveitamento, enquanto apenas 3% apresentaram resultados insatisfatórios. Esses dados sugerem que a intervenção contribuiu positivamente para a compreensão e a aplicação dos conceitos relacionados à função quadrática.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Além disso, os resultados reforçam o potencial do uso do GeoGebra como recurso didático no ensino da função quadrática, sobretudo por favorecer a modelação matemática, a visualização gráfica e a resolução de problemas. Contudo, para confirmar a sua eficácia de forma mais consistente, são necessários estudos com maior duração, amostras mais amplas e um controle mais rigoroso das variáveis envolvidas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A função quadrática ocupa lugar central no desenvolvimento do raciocínio matemático ao integrar dimensões algébrica, geométrica e analítica, indo além da aplicação de fórmulas para exigir interpretação, argumentação e modelação. Seu domínio estabelece base sólida para a Análise Funcional e para áreas aplicadas (Ciências, Engenharia, Economia), preparando o estudante para conceitos cada vez mais abstratos.

O ensino desse conteúdo enfrenta desafios relacionados à abstração e à multiplicidade de representações, que exigem estratégias ativas e significativas – contextualização, tecnologias digitais, colaboração, valorização do erro e avaliação formativa – em substituição à memorização mecânica.

A modelagem matemática destaca-se como estratégia eficiente ao articular teoria e situações cotidianas, fortalecendo o raciocínio lógico, a capacidade de resolução de problemas e a percepção da utilidade prática da função, seja em fenômenos de máximos, mínimos ou trajetórias.

Conclui-se que superar os desafios do ensino requer a transição de uma pedagogia da transmissão para uma pedagogia da mediação e da descoberta.

Recomenda-se, pois, que os professores incorporem atividades de modelagem em suas práticas, tornando o ensino mais dinâmico e alinhado ao desenvolvimento de cidadãos críticos e analíticos – pois a função quadrática, longe de ser um tópico isolado, constitui ponte entre a Matemática e a compreensão ativa da realidade.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 212.

BOYER, C. **A History of Mathematics**. New York: John Wiley and Sons, 2010.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo da teoria das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. Apresentação de Benedito Antônio da Silva. São Paulo: Ática, 2008.

CHEVALLARD, Yves. **As perspectivas trazidas por uma abordagem antropológica**. In: Didáticas da Matemática: Conceitos Fundamentais da Didática. Direção de Jean Brun. [S.l.]: [s.n.], 1991.

D'AMBROSIO, U. **Educação para uma sociedade em transição**. Campinas: Papirus Editora, 1999.

DANTE, Luiz Roberto. **Teláris Matemática**: 6º ano: Ensino Fundamental: Anos Finais. 3. ed. São Paulo: Ática, 2018.

DUVAL, Raymond. **Ver e ensinar a matemática de outra forma**: entrar no modo matemático de pensar: os registros de representações semióticas. São Paulo: PROEM, 2011.

FONSECA, M. G. **As tecnologias de informação e comunicação na formação inicial de professores do 1.º ciclo do ensino básico**: crenças e perspetivas de formadores. Lisboa: [s.n.], 2018.

JUNGK, W. **Conferencias sobre Metodología de la enseñanza de la Matemática 2**. Primera parte. La Habana: Editorial Libros para la Educación, 1982.

PAIS, Luiz Carlos. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. 3. ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.

PEREIRA, B. T.; FREITAS, M. **O uso das tecnologias da informação e comunicação**. [S.l.]: [s.n.], 2016.

POLYA, G. **A arte de resolver problemas**. Rio de Janeiro: Interciência, 1995. p. 13-30.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.