

# GÊNESE INSTRUMENTAL DO ARTEFATO SIMBÓLICO FUNÇÃO QUADRÁTICA EM AMBIENTE NÃO DIGITAL: UMA EXPERIÊNCIA NO CONTEXTO DO PARFOR

**Instrumental genesis of the symbolic artifact quadratic function in a non-digital environment: an experience in the context of parfor**

Francisco Eteval da Silva Feitosa

## Resumo

Este trabalho visa a analisar o processo de gênese instrumental de professores em formação pelo Programas Formação de Professores da Educação Básica – PARFOR, com ênfase nos esquemas coletivos de atividades instrumentadas, utilizando um ambiente não digital na resolução de atividades sobre função quadrática. Assim, foi desenvolvida uma sequência didática com 10 professores em formação pelo PARFOR no município de Itacoatiara-Amazonas. O referencial teórico subjacente é a Abordagem Instrumental e a metodologia utilizada é norteada pelas dialéticas da Teoria das Situações Didáticas. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, cuja análise se deu por meio da descrição e interpretação dos dados que foram coletados a partir de observação e das produções escritas dos participantes. Evidenciou-se que os professores não dispunham dos invariantes operatórios necessários para resolução das situações propostas e que não estão instrumentados em relação ao artefato simbólico função quadrática e, portanto, que este artefato não é um instrumento para os participantes do estudo.

**Palavras-chave:** Gênese Instrumental; Artefato simbólico; Teoria das Situações Didáticas; Formação de Professores; PARFOR.

## Abstract

This paper aims to analyze the process of instrumental genesis of teachers in training by Basic Education Teacher Training Program - PARFOR, with emphasis on collective schemes of instrumented activities, using a non-digital environment in solving activities about quadratic function. For this, a didactic sequence was developed with 10 teachers in training by the PARFOR in the city of Itacoatiara-Amazonas. The underlying theoretical framework is the Instrumental Approach and the methodology used is guided by the dialectics of the Theory of Didactic Situations. This is a qualitative research, whose analysis was done through the description

and interpretation of the data collected from the observation and written productions of the participants. It was evident that the teachers did not have the necessary operative invariants to solve the proposed situations and that they are not instrumented in relation to the symbolic artifact quadratic function and, therefore, that this artifact is not an instrument for the participants of the study.

**Keywords:** Instrumental Genesis; Symbolic artifact; Theory of Didactical Situations; Teacher Training; PARFOR.

## Introdução

No âmbito da Educação Matemática aqui no Brasil, são poucos os estudos que utilizam a Teoria da Instrumentação como referencial teórico e ocupam-se da análise da Gênese Instrumental de um artefato que não esteja inserido em ambientes tecnológicos (NETO; SILVA, 2017; GARCÍA-CUÉLLAR; FLORES, 2019).

Dentre os trabalhos com artefatos simbólicos podemos citar Jesus (2012), com o artefato mediatriz, García-Cuéllar e Miraval (2018) com o artefato função exponencial, García-Cuéllar e Salazar (2019) com o artefato simetria axial e Neto e Silva (2017) com artefato simbólico função de uma variável real definida por várias sentenças matemáticas.

Um artefato é um dispositivo que tanto pode ser material (um lápis, um computador, ou um martelo), como simbólico (um gráfico, um método, ou até uma propriedade) e o processo da Gênese Instrumental é complexo e está aliado às limitações e às potencialidades do artefato, bem como às atividades do sujeito (RABARDEL, 1995a; 1995b).

Para o presente estudo, formulou-se a seguinte questão de pesquisa: De que

maneira ocorre a Gênese Instrumental de artefato simbólico função quadrática em professores de Matemática da escola básica durante uma sequência de atividades?

A pesquisa teve como objetivo analisar o processo de gênese instrumental de professores em formação pelo PARFOR, com ênfase nos esquemas coletivos de atividades instrumentadas, utilizando um ambiente não-digital na resolução de atividades sobre função quadrática.

Entendemos que este estudo é relevante por três motivos. Primeiro, por este objeto matemático fazer parte do currículo escolar desde o 9º ano do Ensino Fundamental anos finais quando se espera desenvolver no estudante a habilidade de “compreender as funções como relações de dependência unívoca entre duas variáveis e suas representações numérica, algébrica e gráfica e utilizar esse conceito para analisar situações que envolvam relações funcionais entre duas variáveis” (BRASIL, 2017, p.269) enquanto no Ensino Médio se espera desenvolver a habilidade de resolver e elaborar problemas cujos modelos são as funções polinomiais de 1º e 2º graus, em contextos diversos, incluindo ou não tecnologias digitais” (BRASIL, 2018, p.528). Segundo, por quê função é o objeto central do estudo da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral nos cursos do Ensino Superior que possuem esse componente em sua matriz. Por fim, a compreensão dos poucos trabalhos existentes que tratam dessa categoria de Gênese Instrumental (GARCÍA-CUÉLLAR; FLORES, 2019).

Com relação aos aspectos metodológicos, o estudo se valeu das dialéticas da Teoria das Situações Didáticas, com o intuito de validar a sequência de atividades, visando verificar a ocorrência ou não da Gênese Instrumental nesse grupo de professores. A seguir, serão apresentados os aspectos teóricos e metodológicos do estudo.

### Referencial teórico

O estudo teve como referência teórica a Teoria da Instrumentação proposta por Rabardel (1995a), e, como mencionado anteriormente, deteve-se em particular, no fenômeno da Gênese Instrumental. Apresentamos a seguir a gênese da

Abordagem Instrumental do Didático e o seu quadro geral.

### Abordagem Instrumental do Didático

De acordo com Gueudet e Trouche (2009, p.3, tradução nossa) “a abordagem instrumental foi proposta por Rabardel e teve como mote principal atender as necessidades da Educação Matemática com relação ao uso das tecnologias, especialmente as digitais”.

A abordagem instrumental propõe um modelo de aprendizagem instrumental pela matemática que se apoia, fundamentalmente, na dialética artefato-instrumento. No centro da abordagem instrumental, destaca-se o fenômeno da Gênese Instrumental, processo em que um artefato utilizado como meio de ação por parte do sujeito transforma-se progressivamente em instrumento.

Um artefato possui um caráter neutro e está conectado ao uso que o sujeito faz como meio para sua ação podendo ser considerado como uma máquina, um objeto técnico, objetos e sistemas simbólicos, ou seja, que pode ser definido como material (Rabardel, 2011) ou simbólico (Rabardel 2002). No que lhe concerne “um instrumento consiste em uma entidade mista formada por um artefato e um esquema, e também é uma construção produzida pelo sujeito” (Rabardel 2011, pp. 49-52, tradução nossa).

A noção de esquema na qual se apoia a Teoria da Abordagem Instrumental é no sentido da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, segundo o qual, um esquema é “a organização invariante da conduta para uma classe de situações dadas. É nos esquemas que se devem investigar os conhecimentos em ato do sujeito, ou seja, os elementos cognitivos que permitem que essa ação seja operatória” (Vergnaud, 1990, p.134, tradução nossa).

Vergnaud (1993) chama de ingredientes dos esquemas, as especificações que permitem facilitar a compreensão do que seja um esquema, como: Metas e antecipações (esquema dirigido a uma classe de situações nas quais o indivíduo descobre a finalidade de sua atividade e, às vezes, submetas); Regras de ação (buscam informação e controle das

atividades; por analogia, o ser observa as seqüências das atividades); Invariantes operatórios (são os teoremas-em-ação e os conceitos em ação que dirigem o indivíduo ao reconhecimento do que é pertinente à situação); Possibilidade de inferência-raciocínio (permitem prever as regras e realizar antecipações, a partir das informações e dos invariantes operatórios de que o indivíduo dispõe). Os invariantes operatórios são o que permitem ao sujeito realizar uma conexão entre teoria e prática, pois neles repousa a operacionalidade dos esquemas.

Os esquemas relacionados com a utilização de um artefato são chamados esquemas de utilização e fazem referência a duas dimensões da atividade:

As atividades relacionadas com as tarefas secundárias, ou seja, a gestão das características e propriedades particulares do artefato, e as atividades primárias (principais), as que estão orientadas ao objeto da atividade em que o artefato é um meio de realização. (Rabardel, 2011, p.171, tradução nossa).

Segundo Rabardel (1995) no processo de transformação do artefato em instrumento os sujeitos desenvolvem diferentes esquemas de utilização, sendo estes, parte da noção central desta teoria. Os esquemas são caracterizados como: Esquemas de uso, quando se refere às tarefas relacionadas diretamente com as características do artefato; esquemas de ação instrumentada, são os relativos às tarefas ligadas ao objeto

Com base nesses esquemas, surgem as técnicas de atividade coletiva instrumental (RABARDEL, 1995), visto que os sujeitos inseridos em uma ação coletiva se valem de esquemas de utilização, que apresentam a coordenação de ações individuais e a integração de seus resultados para atender aos objetivos comuns. Dessa forma, o coletivo trabalha com um ou com uma mesma classe de instrumentos, fazendo com que os esquemas de utilização possuam uma dimensão privada e outra social.

Em sua teoria, Rabardel (1995) distingue duas dimensões no processo de Gênese Instrumental, as quais dependem das ações do sujeito, a saber: a instrumentação e a instrumentalização.

A instrumentalização pode ser definida como “um processo no qual o sujeito enriquece as propriedades do artefato. Este processo é fundamentado nas características e propriedades intrínsecas do artefato, e lhes confere um status de acordo com a ação em curso e a situação” (RABARDEL, 2002, p. 106). Pode-se distinguir dois níveis de instrumentalização pela atribuição de uma função a um artefato: Em um primeiro nível, a instrumentalização é local, ligada a uma ação específica e às circunstâncias de sua ocorrência. O artefato é momentaneamente instrumentalizado; em um segundo nível, a função adquirida é mantida de forma duradoura como propriedade do artefato em relação a uma classe de ações, de objetos da atividade e de situações. A instrumentalização é durável, ou permanente. Em ambos os casos, não há transformação física do artefato em si (Rabardel, 2002).

O processo de instrumentação é relativo ao sujeito e, segundo Rabardel, consiste no “descobrimto progressivo que os sujeitos realizam das propriedades (intrínsecas) do artefato é acompanhado da acomodação de seus esquemas, mas também de mudanças de significado do instrumento, que resultam da associação do artefato com novos esquemas”. (Rabardel, 2011, p.211, tradução nossa).

Qualquer gênese instrumental combina, assim, esses dois processos, instrumentação e instrumentalização. Estes processos não são independentes um do outro, eles são entrelaçados e para Bellemain e Trouche (2019, p.109), distingui-los na análise “permite focar o olhar, por um lado, no aluno (em que medida a integração de um novo artefato modifica a forma de sua atividade?), por outro, no artefato (em que medida ele porta o vestígio da atividade do aluno, do seu poder criativo?)”.

Esses dois processos, portanto, contribuem solidariamente para o surgimento e a evolução dos instrumentos, embora “a situação de algum deles possa desenvolver-se mais, ser dominante, e inclusive ser o único que se apresente” Rabardel (1995a, p. 112, tradução nossa).

### Artefato simbólico do estudo e situações propostas

O artefato simbólico foco deste estudo é a função quadrática que é definida como uma aplicação  $f: X \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  que associa a cada  $x \in X$  (domínio de  $f$ ) o elemento  $f(x) = ax^2 + bx + c$ , em que  $a, b$  e  $c$  são números reais chamados de coeficientes e  $a \neq 0$ .

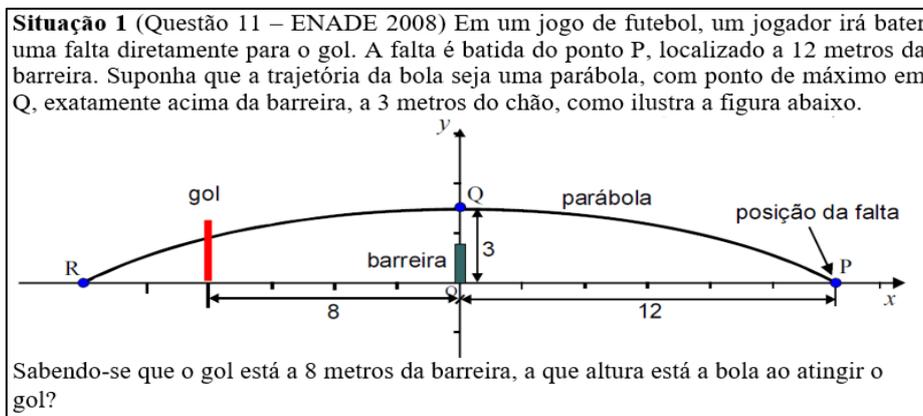
Uma raiz de uma função quadrática é um valor  $x_0 \in X$  que satisfaz  $f(x_0) = 0$ . A representação gráfica de uma função quadrática no sistema cartesiano é uma parábola. Os pontos em que a parábola intercepta o eixo das abscissas corresponde às raízes da função quadrática e o ponto em que intercepta o eixo das ordenadas tem como coordenadas  $(0, c)$ .

Um teorema em ação é particularmente importante para este estudo é: Considere uma função quadrática  $f: X \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  dada por  $f(x) = ax^2 + bx + c$ , com  $a \neq 0$ . Se  $a < 0$ , a função  $f$  admite um máximo e se  $a > 0$ , um valor mínimo, no ponto  $V\left(\frac{-b}{2a}, \frac{-\Delta}{4a}\right)$  denominado de vértice da parábola.

Escolhemos uma sequência de atividade com três problemas que foram retirados e/ou adaptados do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE) que avalia o rendimento dos concluintes dos cursos de graduação em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares dos cursos, o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias ao aprofundamento da formação geral e profissional, e o nível de atualização dos estudantes com relação à realidade brasileira e mundial.

A situação 1 (Figura 1) corresponde à questão 11 do ENADE 2008 e traz em primeiro plano a função quadrática na sua representação gráfica. Os possíveis esquemas de utilização que poderão ser mobilizados nessa situação são: Noções de função quadrática, representação algébrica e gráfica da função quadrática, plano cartesiano, máximo e mínimo, e vértice. Um esquema de ação instrumentada esperado é obter a representação algébrica de uma função a partir de sua representação gráfica.

Figura 1 - Situação 1



Fonte: ENADE 2008

A situação 2 (Figura 2) corresponde à questão 16 do ENADE 2011 e traz em destaque a função quadrática na sua representação algébrica. Os possíveis esquemas de utilização que poderão ser mobilizados, empregados nessa situação, são: Noções de função quadrática,

representação algébrica e gráfica da função quadrática, plano cartesiano, intervalo, interseção entre curvas, ordenação de funções. Um esquema de ação instrumentada esperado nessa situação é obter a representação gráfica de uma função a partir de sua representação algébrica.

Figura 2 - Situação 2

**Situação 2** (Questão 16 – ENADE 2011) Suponha que um instituto de pesquisa de opinião pública realizou um trabalho de modelagem matemática para mostrar a evolução das intenções de voto nas campanhas dos candidatos Paulo e Márcia a governador de um Estado, durante 36 quinzenas. Os polinômios que representam, em porcentagem, a intenção dos votos dos eleitores de Paulo e Márcia na quinzena  $x$  são, respectivamente,

$$P(x) = -0,006x^2 + 0,8x + 14 \text{ e } M(x) = 0,004x^2 + 0,9x + 8$$

em que  $0 \leq x \leq 36$  representa a quinzena,  $P(x)$  e  $M(x)$  são dados em porcentagens. De acordo com as pesquisas realizadas, a ordem de preferência nas intenções de voto em Paulo e Márcia sofreram alterações em qual quinzena?

Fonte: ENADE 2011

A situação 3 (Figura 3) foi adaptada da questão 15 do ENADE 2017 e traz, no nosso entendimento, um grau maior de dificuldade para os participantes. Isso porque, ao contrário da primeira, que traz a função quadrática na sua representação gráfica e da segunda que parte da representação algébrica, nessa situação, o participante terá que partir de uma

representação em língua natural para obter uma representação algébrica. Os possíveis esquemas de utilização que poderão ser mobilizados, empregados nessa situação, são: Noções de padrões e generalizações, função quadrática, representação algébrica e gráfica da função quadrática, máximo e mínimo.

Figura 3 – Situação 3

**Situação 3 (Adaptada da Questão 15 do ENADE 2017)**

O gerente de um posto de combustível observou que, na primeira semana do mês em que definiu o preço do litro de gasolina a R\$ 3,70, foram vendidos 15 000 litros. Com isso, oposto fez uma promoção e percebeu que, a cada centavo de desconto que concedia por litro, eram vendidos 200 litros de gasolina a mais por dia.

Representando por  $P$  a quantidade de centavos correspondente ao desconto dado no preço de cada litro de gasolina, e por  $F$  o valor, em reais, faturado por dia com a venda de gasolina, determine a expressão que descreve a relação entre  $P$  e  $F$ .

Existe um valor de  $P$  para o qual o valor  $F$ , em reais, faturado por dia com a venda de gasolina, é máximo? Justifique sua resposta. Caso a resposta seja “Sim”, quais são estes valores de  $P$  e de  $F$ ?

Fonte: ENADE 2017

A evolução dos invariantes operatórios (teorema em ação e conceito em ação), elaborados pelos participantes durante a resolução das situações propostas envolvendo o artefato simbólico função quadrática, permite operacionalidade aos esquemas de utilização e possibilita compreender de que maneira ocorre a Gênese Instrumental.

### Metodologia

Esta pesquisa tem uma de abordagem qualitativa. Segundo Creswell (2010, p. 26):

A pesquisa qualitativa é um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um problema social ou humano. O processo de

pesquisa envolve as questões e os procedimentos que emergem, so dados tipicamente coletados no ambiente do participante, a análise dos dados indutivamente construída a partir das particularidades para os temas gerais e as interpretações feitas pelos pesquisadores acerca dos significados dos dados.

Para os procedimentos metodológicos do estudo, utilizamos as dialéticas da teoria das Situações Didáticas - TSD que é um modelo teórico de origem Francesa desenvolvida por Brousseau (1999), e se caracteriza por uma série de situações didáticas que podem ser aplicadas em sala de aula, trata-se das interações conjuntas entre professor e estudante em um meio, onde são estabelecidas relações entre conhecimentos

ou transformações de conhecimentos em saberes.

A TSD nos apresenta um conjunto de orientações de cunho metodológico, visto que um dos seus objetivos é o de fornecer “mecanismos que propiciem a melhora nos processos de ensino aprendizagem em matemática e envolvam, em sala de aula e fora dela, o professor, o aluno e o saber – o conhecimento do conteúdo matemático” (TEIXEIRA; PASSOS, 2013, p.164). A TSD é composta por quatro fases: ação, formulação e validação e institucionalização, que segundo Almouloud (2007) são assim definidas:

Ação – Deve permitir ao aluno julgar o resultado de sua ação e ajustá-lo, se necessário, sem a intervenção do mestre [...] exprimir suas escolhas e decisões por ações sobre o *milieu*. Nela as interações estão centralizadas na tomada de decisões; Formulação – Consiste em proporcionar ao aluno condições para que este construa, progressivamente, uma linguagem compreensível por todos; Validação – O aprendiz deve mostrar a validade do modelo por ele criado, submetendo a mensagem matemática (modelo da situação) ao julgamento de um interlocutor; Institucionalização – o professor fixa convencionalmente e explicitamente o estatuto cognitivo do saber. (ALMOULOU, 2007, p. 37 a 40)

Em nossa pesquisa, a sequência de atividades foi desenvolvida com 10 professores em formação em Licenciatura em Matemática pelo PARFOR, de uma Universidade pública do Amazonas. No momento do estudo, os participantes estavam cursando o 6º período do Curso e já haviam cursado, por exemplo, Cálculo Diferencial I e II, disciplinas cujo objeto central de estudo são as funções e uma e várias variáveis, respectivamente.

O desenvolvimento das atividades ocorreu em três dias, com duração de 1h e 30min cada, no período vespertino. As atividades foram resolvidas seguindo as etapas estabelecidas pela TSD, descrevendo situações didáticas que auxiliem os professores em formação a desenvolver a capacidade de resolver problemas de forma autônoma, reflexiva e colaborativa.

Na dialética da ação, os professores, em dupla (Figura 4), se deparavam com o problema e ao se debruçarem sobre o enunciado da situação proposta, deveriam ler atentamente para interpretá-la corretamente, e assim analisarem e extraírem as informações do problema e posteriormente, realizaram as suas conjecturas. O tempo para este momento foi de 15 minutos.

**Figura 4** - Participantes trabalhando em duplas



Fonte: Dados do estudo (2022)

Na dialética de formulação, os professores foram divididos em dois grupos de cinco membros (Figura 5), constituídos por um membro de cada uma das cinco duplas. Esta fase, caracterizou-se pela troca de informações entre os professores em formação e entre os professores e formação e o professor formador/pesquisador. O tempo para este momento foi de 15 minutos e visava a permitir aos participantes construir, gradativamente, a elaboração da estratégia que possibilitasse solucionar o problema em questão.

**Figura 5** - Participantes trabalhando em grupo

Fonte: Dados do estudo (2022)

Na etapa de validação, os professores em formação voltavam para suas duplas iniciais e tinham 30min para solucionar o problema e posteriormente apresentarem a estratégia que os levaram à solução, ou seja, mostrarem a validade do modelo criado buscando justificar a eficácia do seu modelo. Desse modo, os professores em formação foram submetidos à análise de todos que o escutavam, podendo ter que dar mais explicações diante das possíveis indagações por parte dos colegas que poderiam não entender ou discordar.

Por fim, a etapa da dialética da institucionalização, caracterizou-se pela exposição do conhecimento pelo professor formador, de forma explícita usando o quadro branco. O tempo destinado para esta etapa foi de 30 min e os participantes eram convidados a compartilhar com o grupo suas conclusões acerca das situações propostas.

## Resultados e discussões

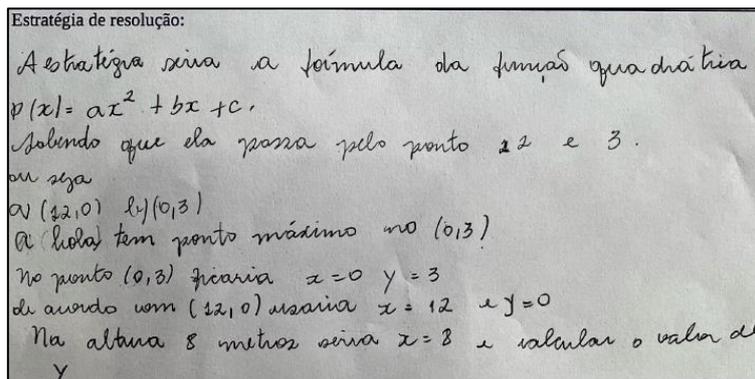
Buscamos nesta pesquisa analisar a apropriação do artefato simbólico função quadrática pelos sujeitos, com base no processo de Gênese Instrumental, em um ambiente não digital em situações envolvendo este artefato e a partir da construção coletiva das resoluções destas situações estabelecida através do trabalho colaborativo.

Com relação ao processo de instrumentalização que se inferirá a respeito das cinco duplas, fazemos o acompanhamento dessa dimensão da Gênese Instrumental, de acordo com Gomes (2008, p. 15), “mediante análise dos esquemas que são mobilizados em cada uma das tentativas de ação com o artefato”, ou seja, a análise da aprendizagem das duplas relacionada ao conceito matemático que envolve o artefato simbólico “função quadrática” mediante a análise de conceitos em ação e teoremas em ação, mobilizados em cada uma das tentativas de ação com o mesmo.

### *Situação 1*

A dupla 5 não conseguiu associar o gráfico da situação à noção de função quadrática, evidenciando dificuldade na mobilização do esquema envolvendo essa noção e nos permitindo a conjecturar, logo, nessa primeira situação que não estavam instrumentalizados em relação ao esse artefato simbólico. As duplas 2 e 4 conseguiriam mobilizar esse esquema, ao reconhecer que a situação tinha relação com o conceito de função quadrática, contudo não desenvolveram uma estratégia nem uma solução. Apenas a dupla 1 conseguiu descrever uma estratégia de resolução para a Situação 1 (Figura 6). Entretanto, não conseguiu desenvolver o que havia proposto em sua estratégia.

Figura 6 - Estratégia de resolução para a Situação 1 da Dupla 1

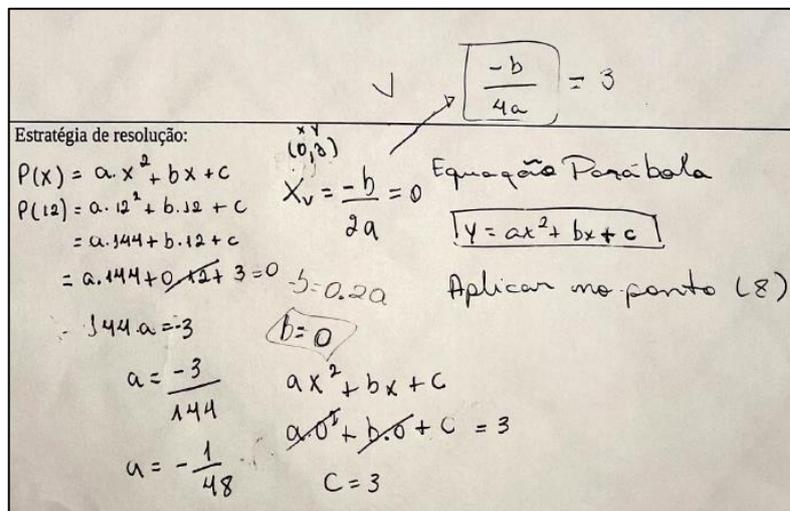


Fonte: Dados do estudo (2022)

Por outro lado, a Dupla 3 foi a única a tentar solucionar o problema, embora não tenha explicitado sua estratégia de resolução. Na Figura 7, temos a solução apresentada por essa dupla, na qual podemos evidenciar a mobilização do esquema envolvendo a noção de função quadrática e sua representação algébrica, e o teorema em ação “Se  $x_0$  é raiz de  $y=f(x)$ , então  $f(x_0)=0$ ”, o que permitiu encontrar o valor dos

coeficientes  $a$  e  $c$ . Com o esquema de utilização da noção de “vértice de uma parábola”, mobilizaram o teorema em ação “O vértice de uma parábola é seu ponto de máximo ou de mínimo” e encontraram o coeficiente  $b$ . Assim, a dupla 3 não fez a representação algébrica da parábola usando os valores dos coeficientes que haviam encontrado e nem encontraram o valor solicitado na pergunta do problema.

Figura 7 – Solução para a Situação 1 da Dupla 3



Fonte : Dados do estudo (2022)

Situação 2

Na situação 2 apenas um dos grupos não previu na sua estratégia de resolução a ação de igualar as duas funções. Entretanto, as duplas que previram essa ação, não conseguiram justificar o porquê disto. Evidencia-se, a dificuldade de mobilizar o esquema relacionado à noção de igualdade de funções, bem como, o não uso do teorema

em ação “Dadas duas funções  $f$  e  $g$ , se  $x \in \mathbb{R}$  é tal que  $f(x)=g(x)$ , então  $(x, f(x)=g(x))$  é ponto de interseção dos gráficos de  $f$  e  $g$ ”.

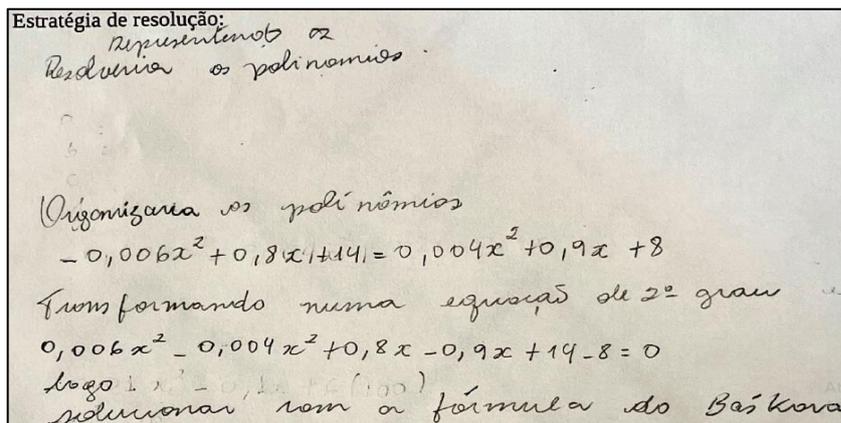
A Dupla 1, no primeiro momento não conseguiu desenhar uma estratégia de resolução. Após a discussão nos grandes grupos, a dupla trouxe uma estratégia que foi: Igualar os polinômios → Transformar numa equação do 2º grau → Solucionar

usando a fórmula de Bhaskara. Percebe a mobilização dos esquemas referentes às noções de Igualdade de polinômios, equação do 2º grau e fórmula de Bhaskara. Contudo, no processo de resolução, a dupla mobilizou o teorema em ação falso: As raízes de uma equação da 2ª grau é dada por  $x = \frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ . E isso os fez chegar nos valores errados das raízes. Além disso, a dupla não

conseguiu evoluir para a resposta do problema.

As Duplas 2, 3, 4 e 5 seguiram a mesma estratégia da Dupla 1 (Figura 8). Todas conseguiram resolver corretamente a equação do 2º grau que surgia ao igualar as funções. Entretanto, nenhuma das duplas conseguiu prosseguir para a conclusão da resolução.

**Figura 8** - Estratégia de resolução para a Situação 2 da Dupla 1



Fonte: Dados do estudo (2022)

No momento da institucionalização, os professores em formação demonstraram conhecer a forma do gráfico da função quadrática, justificar o porquê da concavidade e o fato do termo independente corresponder à ordenada do ponto em que o gráfico intercepta o eixo das ordenadas, evidenciando, nesse momento, a instrumentalização deste artefato simbólico. Logo, o fato de não terem conseguido responder à pergunta do problema, evidencia que não chegaram até o processo da instrumentação deste artefato e com isso a não ocorrência da gênese instrumental.

Chamou a atenção que nenhuma das duplas pensou em fazer o gráfico das funções, nem tão pouco, usar algum software para essa ação. Com isso, foi possível evidenciar dificuldades na

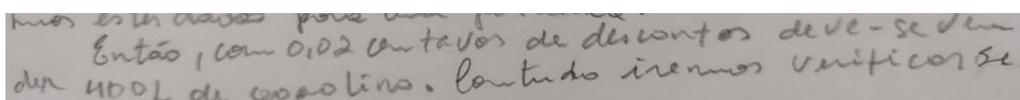
mobilização do esquema de utilização relacionado à representação gráfica de uma função.

### Situação 3

Participaram da aplicação da situação 3, nove professores em formação, o que fez com que as composições de algumas duplas fossem alteradas. Foram formados três duplas e um grupo de três pessoas.

Como previsto, esta situação foi a que os participantes apresentaram mais dificuldades. Andando pelos grupos, percebemos que a primeira dificuldade foi na interpretação do problema. Isso pode ser evidenciado na Figura 9 que traz um recorte da resposta de uma das duplas.

**Figura 9** – Recorte da resposta de uma das duplas

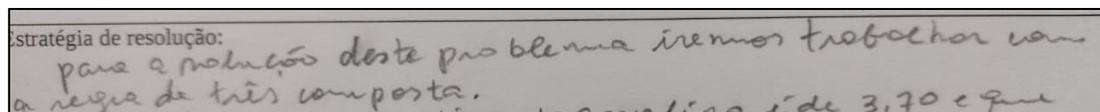


Fonte: Dados do estudo (2022)

Outra evidência da não compreensão da situação, pode ser observada quando as três duplas propuseram resolver a situação por regra

de três. Trazemos na Figura 10 um recorte da resposta de uma das duplas evidenciando nossa afirmação.

**Figura 10** – Recorte da resposta de uma das duplas



Fonte: Dados do estudo (2022)

Finalmente, pode-se perceber que os professores em formação não mobilizaram nenhum dos esquemas previstos para esta situação, a saber, as noções de padrões e generalizações, função quadrática, representação algébrica e gráfica da função quadrática, máximo e mínimo. Isso deixa evidente que os alunos não atingiram o nível de instrumentação do artefato simbólico função quadrática e conseqüentemente, a não ocorrência da gênese instrumental deste artefato.

## Conclusão

Este estudo teve como objetivo analisar o processo de gênese instrumental de professores em formação pelo PARFOR, com ênfase nos esquemas coletivos de atividades instrumentadas, utilizando um ambiente não-digital na resolução de atividades sobre função quadrática.

Para atender a este objetivo analisamos as folhas de respostas, as interações e o processo de gênese instrumental dos sujeitos. Neste sentido, pudemos observar o processo de instrumentalização e instrumentação dos sujeitos, bem como identificar os esquemas de atividades coletivas instrumentadas mobilizadas pelos grupos.

Com relação aos esquemas mobilizados, os professores em formação apresentaram alguns conceitos prévios necessários ao estudo da função quadrática, como: a forma algébrica e representação gráfica no eixo cartesiano, demonstrando alguns indícios de instrumentalização desse artefato. Entretanto, o processo de instrumentalização não pareceu permanente, isso ficou evidente em equívocos na mobilização de esquemas de utilização mencionados ao longo da discussão e registrados nas folhas de respostas.

Ademais, o fato de os grupos não terem conseguido resolver completamente nenhuma das três situações propostas, evidencia não estarem instrumentados em relação ao artefato simbólico função quadrática e, portanto, deste artefato não ser um instrumento para os participantes do estudo.

A respeito do conceito de função quadrática, os participantes apresentaram dificuldades nas conversões de registro de representação: gráfico para algébrico, algébrico para gráfico, além disso, a interpretação e compreensão das situações ficou bem aquém do esperado. Outro aspecto importante observado foi a dificuldade apresentada por eles em relatar, explicar, em linguagem natural as estratégias de resolução e as antecipações para agir em cada situação. Este fato, de certa forma, dificultou a análise dos esquemas mobilizados por eles.

Um aspecto fundamental a ser levado em consideração é sobre a formação, proporcionada pela licenciatura em Matemática no contexto do PARFOR aos futuros professores da Educação Básica. As produções dos participantes e as análises realizadas nos dão pistas de que esta formação pode não estar dando conta de prepará-los, ao menos no que se refere às situações que envolvem o conceito de função quadrática, para a docência na Educação Básica nos níveis do Ensino Fundamental anos finais nem tão pouco no Ensino Médio.

Nessa perspectiva percebemos a necessidade de desenvolver em nossa pesquisa de pós-doutorado situações de aprendizagem nas quais estes professores em formação pelo PARFOR possam ressignificar os conceitos, reestruturar os esquemas, na construção de campos

conceituais que deem conta da função quadrática.

## Referências

BELLEMAIN, F.; TROUCHE, L. Compreender o trabalho do professor com os recursos de seu ensino, um questionamento didático e informático/Comprendre le travail des professeurs avec les ressources de leur enseignement, un questionnement didactique et informatique. **Caminhos da Educação Matemática em Revista (Online)**, v. 9, n. 1, p.105-144, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/04/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf). Acesso em 12.08.2022.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. 3ª versão. Brasília: Ministério da Educação, 2017. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_20dez\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf). Acesso em 12.08.2022.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**; Tradução Magda Lopes. – 3 ed. – Porto Alegre: ARTMED, 296 páginas, 2010.

GARCÍA-CUÉLLAR, D. J. G.; MIRAVAL, M. A. M. Estudio del proceso de génesis instrumental del artefacto simbólico función exponencial. **Transformación**, v. 14, n. 2, p. 252-261, 2018.

GARCÍA-CUÉLLAR, D. J.; SALAZAR, J. V. F. Estudio de la génesis instrumental del artefacto simbólico simetría axial. **TANGRAM-Revista de Educação Matemática**, v. 2, n. 3, p. 28-48, 2019.

GARCÍA-CUÉLLAR, D.J.; ALMOULOU, S.Ag.; SALAZAR, J.V.F. Abordagem Instrumental: uma revisão da literatura no Peru e no Brasil dos anos 2013 a 2017. 2019. **Acta Latinoamericana de Matemática Educativa**, v.32, n.1, p.759-769, 2019.

GUEUDET, G.; TROUCHE, L. Towards new documentation systems for mathematics teachers?. **Educational studies in mathematics**, v. 71, n. 3, p. 199-218, 2009.

JESUS, G.B. **As construções Geométricas e a Gênes e Instrumental: o caso da mediatrix**. 2012. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Pontificia Universidad Católica de São Paulo, São Paulo-Brasil, 2012.

NETO, A. L. X.; DA SILVA, M. J. F. Gênes Instrumental do artefacto simbólico função de uma variável real definida por várias sentenças matemáticas em um ambiente não digital. **UNIÓN-REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA**, v. 13, n. 51, 2017.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains**. Armand colin, 1995a.

RABARDEL, P. Qu'est qu'un instrument? Appropriation, conceptualisation, mises en situation. Outils pour le calcul et le traçage de courbes. Le mathématicien, le physicien et le psychologue. **CNDP-DIE – Mars**, pp. 61-65, 1995b.

RABARDEL, P. **People and technology: a cognitive approach to contemporary instruments**. Université Paris, 8, pp.188, 2002. hal-01020705. Disponível em: [https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/1020705/filename/people\\_and\\_technology.pdf](https://hal.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/1020705/filename/people_and_technology.pdf). Acesso em: 13/08/2022.

RABARDEL, P. Los Hombres y las Tecnologías: visión cognitiva de los instrumentos cognitivos. **Traducción de Martin Acosta Gempeler. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Matemáticas. Colômbia**, 2011.

TEIXEIRA, P. J. M.; PASSOS, C. C. M. Um pouco da teoria das situações didáticas (tsd) de Guy Brousseau. **Zetetike**, v. 21, n. 1, p. 155-168, 2013.

---

**Francisco Eteval da Silva Feitosa**: Doutor em Matemática (UFAM), Pós Doutor em Educação Matemática (PUC-SP) e bolsista do Programa de Apoio à Pós-Doutores – PRODOC/FAPEAM; Universidade Federal do Amazonas/UFAM, Manaus, Amazonas, Brasil, [sfeitosa@ufam.edu.br](mailto:sfeitosa@ufam.edu.br).