

Gênese Instrumental na interação com o Geoplano: uma experiência no PARFOR de Licenciatura em Matemática

Francisco Eteval da Silva Feitosa¹
Verônica Gitirana²
Roberta dos Santos Rodrigues³

Resumo: Este trabalho apresenta resultados parciais de uma pesquisa de Pós-Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFPE. Nesse recorte, analisamos a Gênese Instrumental do material manipulável Geoplano em situações que envolvem o objeto matemático Polígonos. Para tanto, realizamos uma oficina de formação, com o uso do Geoplano, para professores de Matemática em formação pelo Programa Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR). O referencial teórico subjacente é a Abordagem Instrumental e a Orquestração Instrumental. Com uma abordagem qualitativa e delineamento de uma pesquisa-ação, os dados foram coletados, a partir de observações, questionários e registros audiovisuais e analisados à luz do modelo de Situações de Atividades Instrumentais (SAI), proposto por Pierre Rabardel. Os resultados apontam indícios de que não ocorreu a gênese instrumental do Geoplano e indicam que o processo de instrumentalização precisa de mais tempo, para acontecer e envolver conceitos em ação pertinentes às situações que serão propostas. Ademais, lacunas no conhecimento de conteúdo dos participantes podem ter limitado as regras de ação e, conseqüentemente, os esquemas desenvolvidos.

Palavras-chave: Educação Matemática. Gênese Instrumental. Geoplano. PARFOR. Geometria.

Genesis of Instrumentation in Interaction with the Geoboard: An Experience in the PARFOR of Mathematics Teaching Degree

Abstract: This paper presents partial results of a Post-Doctoral research at the Post-Graduate Program in Science and Mathematics Education at UFPE. In this section, we analyze the Instrumental Genesis of the manipulable material Geoboard in situations involving the mathematical object Polygons. For that, we did a training workshop, using the Geoboard, for Mathematics teachers being trained by the National Program for the Training of Basic Education Teachers (PARFOR). The underlying theoretical framework is the Instrumental Approach and Instrumental Orchestration. With a qualitative approach and an action-research design, data were collected from observations, questionnaires and audio-visual records and analyzed in the light of the Instrumental Activity Situations (SAI), model proposed by Pierre Rabardel. The results indicate that the instrumental genesis of the Geoboard did not occur and indicate that the instrumentalization process needs more time and involves concepts in action that are relevant to the situations that will be proposed. Furthermore, limitations in the content knowledge of the participants may have limited the rules of action and consequently the schemes developed.

Keywords: Mathematics Education. Instrumental Genesis. Geoboard PARFOR. Geometry.

Génesis Instrumental en la interacción con el Geoplano: una experiencia en el PARFOR de Licenciatura en Matemáticas

Resumen: Este artículo presenta resultados parciales de una investigación de Posdoctorado en el Programa de Posgrado en Educación en Ciencia y Matemática de la UFPE. En esta sección analizamos

¹ Doutor em Matemática pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Professor Adjunto da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Bolsista do Programa de Apoio a Pós-Doutores – PRODOC/FAPEAM, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: sfeitosa@ufam.edu.br - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0913-3427>.

² Doutora em Educação Matemática. Professora do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pernambuco, Brasil. E-mail: veronicagitirana@gmail.com - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7957-6656>.

³ Graduada em Matemática pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). E-mail: roberta10rodrigues@gmail.com - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9903-7644>.

la Génesis Instrumental del material manipulable del Geoplano en situaciones que involucran el objeto matemático Polígonos. Para ello, realizamos un taller de formación, utilizando el Geoplano, para profesores de Matemáticas en formación a través del Programa Nacional de Formación de Profesores de Educación Básica (PARFOR). El marco teórico subyacente es el Enfoque Instrumental y la Orquestación Instrumental. Con un enfoque cualitativo y un diseño de investigación-acción, los datos fueron recolectados a partir de observaciones, cuestionarios y registros audiovisuales y analizados a la luz del modelo Instrumental Activity Situations (SAI) propuesto por Pierre Rabardel. Los resultados apuntan a indicios de que la génesis instrumental del Geoplano no ocurrió e indican que el proceso de instrumentalización necesita más tiempo e involucra conceptos en acción que son relevantes para las situaciones que serán propuestas. Además, las limitaciones en el conocimiento del contenido de los participantes pueden haber limitado las reglas de acción y, en consecuencia, los esquemas desarrollados.

Palabras clave: Educación Matemática. Génesis Instrumental. Geoplano. PARFOR. Geometría.

1 Introdução

Diversos estudos destacam a notoriedade da experiência através dos sentidos na construção do conhecimento e no desenvolvimento do raciocínio, evidenciando a utilidade do material didático como recurso necessário ao processo de ensino e aprendizagem (MEDEIROS; SANTOS, 2001; LARA, 2003; NACARATO, 2005; LORENZATO, 2009). Esses materiais podem servir de meios para a compreensão do raciocínio do estudante e de suas dificuldades, além de apoiarem na elaboração de atividades que favoreçam a aprendizagem.

Quando pensamos na apropriação de determinado material didático (digital ou não), doravante chamado artefato, pelo professor de Matemática, verificamos que se trata de um processo complexo, no qual o professor precisa desvendar o artefato, identificando suas potencialidades e também suas limitações. Isso e os conhecimentos matemáticos do professor possibilitarão construções ricas para a aprendizagem de Matemática.

Nesse sentido, trazemos neste estudo a análise do processo de apropriação do artefato Geoplano por professores de matemática em formação pelo Programa Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR).

Pelo exposto, dedicamos a responder à pergunta norteadora da nossa investigação: de que modo acontece a Gênese Instrumental do Geoplano na resolução de situações envolvendo os objetos matemáticos segmento de reta e triângulos?

A partir dessa questão, estabelecemos o seguinte objetivo: analisar, com base nas ações de professores em formação de matemática pelo PARFOR e no modelo de Situações de Atividades Instrumentais (SAI), proposto por Pierre Rabardel, a Gênese Instrumental do Geoplano na resolução de situações envolvendo os objetos matemáticos segmento de reta e triângulos.

Na literatura, são inúmeros os trabalhos que estudam a Gênese Instrumental na interação com artefatos digitais, como os trabalhos de Abar e Alencar (2013), Salazar (2009), Bittar

(2011) e Notare (2017). Embora em menor quantidade, é possível também encontrar trabalhos que focam em artefatos simbólicos, como os de Xavier Neto (2016), Xavier Neto e Da Silva (2017), García-Cuéllar e Flores (2019), Dos Santos Rodrigues *et al.* (2022) e García Cuéllar e Martínez Miraval (2018).

Entretanto, neste estudo, decidimos tomar como artefato o material manipulativo Geoplano retangular, seguindo a perspectiva dos trabalhos de Silveira *et al.* (2015), Do Rosário Santos *et al.* (2016) e Alves (2022). Justificamos nossa escolha, por um lado, por serem poucos os trabalhos que usam a abordagem instrumental com materiais concretos e, por outro, por levar em consideração as escolas em que os participantes atuam, que são, em sua grande maioria, escolas das zonas rurais de municípios do interior do Amazonas, sem acesso a tecnologias digitais e a uma internet de qualidade.

Nas próximas seções, passaremos a discutir a fundamentação teórica, em que refletimos acerca da Abordagem Instrumental e da Orquestração Instrumental. Além disso, explicitamos também os aspectos metodológicos desta pesquisa, ratificando a abordagem qualitativa e o porquê de escolhermos a pesquisa-ação. Por fim, propomo-nos analisar as tarefas e, em seguida, as ações dos sujeitos ao executá-las, investigando, ainda, os esquemas de ação instrumentada, que serviram de base para inferir a respeito do processo de Gênese Instrumental.

2 Referencial teórico

Este estudo possui, como referencial teórico subjacente, a Abordagem Instrumental de Pierre Rabardel e o Modelo da Orquestração Instrumental de Luc Trouche. A primeira para subsidiar a investigação de como os participantes interagem com o Geoplano, durante a realização das atividades, envolvendo segmento de reta e triângulos. A Orquestração Instrumental, por sua vez, foi utilizada para planejar, estruturar e executar todas as atividades da formação ofertada na pesquisa.

1.1. Gênese Instrumental

A Abordagem Instrumental de Rabardel (1995), procedente de trabalhos em ergonomia cognitiva, refere-se aos processos mentais que afetam as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema e propõe uma distinção entre artefato e instrumento.

O artefato está “conectado ao uso que o sujeito faz como meio para sua ação e que pode ser considerado como uma máquina, um objeto técnico, objetos e sistemas simbólicos, ou seja, que pode ser definido como material ou simbólico” (RABARDEL, 2002, p.18, tradução nossa). O instrumento “consiste de uma entidade mista formada por um artefato e um

esquema e, também, é uma construção produzida pelo sujeito” (RABARDEL, 2011, p. 49-52, tradução nossa).

O termo “esquema”, utilizado na perspectiva de Vergnaud (1996, p. 201), “[...] é uma organização invariante do comportamento, para uma determinada classe de situações”, sendo composto necessariamente por quatro elementos: objetivos (metas e antecipações), regras de ação em tomada de informação e controle, invariantes operatórios e inferências em situação (BITTAR; MUNIZ, 2009).

1. metas e antecipações (um esquema se dirige sempre a uma classe de situações nas quais o sujeito pode descobrir uma possível finalidade de sua atividade e, eventualmente, submetas; pode também esperar certos efeitos ou certos eventos);
2. regras de ação do tipo "se ... então" que constituem a parte verdadeiramente geradora do esquema, aquela que permite a geração e a continuidade da sequência de ações do sujeito; são regras de busca de informação e controle dos resultados da ação;
3. invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) que dirigem o reconhecimento, por parte do indivíduo, dos elementos pertinentes à situação; são os conhecimentos contidos nos esquemas; são eles que constituem a base, implícita ou explícita, que permite obter a informação pertinente e dela inferir a meta a alcançar e as regras de ação adequadas;
4. possibilidades de inferência (ou raciocínios) que permitem "calcular", "aqui e agora", as regras e antecipações, a partir das informações e invariantes operatórios de que dispõe o sujeito, ou seja, toda a atividade implicada nos três outros ingredientes requer cálculos "aqui e imediatamente" em situação (VERGNAUD, 1998, p. 173, tradução nossa).

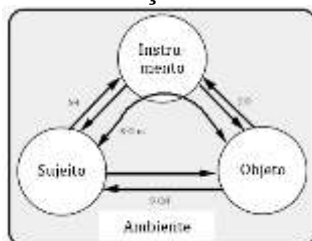
Os esquemas de utilização estão relacionados com duas dimensões da atividade: as tarefas secundárias, as quais são relativas à exploração das propriedades, funcionamento e manipulação do artefato e, na qual os esquemas são definidos como esquemas de uso, e as tarefas primárias, em que o artefato seria um meio para a realização da atividade e, na qual os esquemas são chamados de esquemas de ação instrumentada (RABARDEL, 1995).

A partir dos esquemas individuais, surgem os Esquemas de Atividade Coletiva Instrumentada (RABARDEL, 1995), os quais fazem referência a uma atividade coletiva, em que os indivíduos mobilizarão esquemas de utilização compostos por ações individuais (dimensão privada), assim como irão integrar seus resultados para alcançar um objetivo comum (dimensão coletiva).

Além disso, há também o sujeito, indivíduo ou grupo de pessoas, os quais vão desenvolver a ação. E, a fim de analisar as ações desse sujeito mediado pelo instrumento,

Rabardel (1995) propõe o modelo SAI – Situações de Atividades Instrumentadas (Figura 1), delineando as relações entre o sujeito e o objeto sobre o qual ele age. O objetivo desse modelo é evidenciar a multiplicidade de interações que ocorrem nas atividades instrumentais, as quais compreendem as interações sujeito-objeto [S-O], sujeito-instrumento [S-i], instrumento-objeto [i-O] e sujeito-objeto pela mediação do instrumento [S(i)-O].

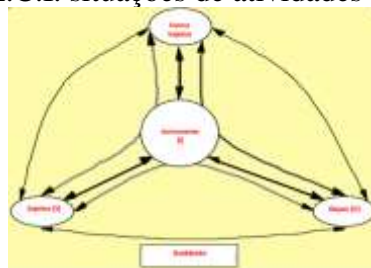
Figura 1 – Modelo S.A.I. situações de atividades instrumentadas



Fonte: Rabardel (1995, p.53).

Para Rabardel (1995), a evolução das tecnologias contemporâneas leva ao surgimento de um quarto polo para dar conta de novas situações vinculadas ao surgimento de softwares destinados ao trabalho coletivo. Com efeito, segundo o autor, esses novos tipos de dispositivos são especificamente orientados, para as dimensões coletivas do trabalho e visam permitir e facilitar o trabalho conjunto. Além das relações habituais entre sujeitos, objetos e instrumentos, há as interações do sujeito com outros sujeitos, colaborações e cooperações. O modelo tripolar torna-se então um modelo quadripolar (Figura 2).

Figura 2 – Modelo S.A.C.I. situações de atividades coletivas instrumentadas



Fonte: Adaptado de Rabardel (1995, p.62).

À transformação progressiva de um artefato em um instrumento dá-se o nome de Gênese Instrumental, a qual é composta por dois fenômenos chamados instrumentalização e instrumentação. O primeiro, cuja orientação é do sujeito para o artefato, consiste no reconhecimento das potencialidades e das limitações do artefato, por meio da manipulação e exploração das suas propriedades e características. Enquanto, no segundo, há o desenvolvimento de esquemas de utilização e da ação instrumentada para aquele artefato, de

acordo com as necessidades e objetivos do sujeito, a fim de resolver um dado problema.

Uma fragilidade apontada por Bellemain e Trouche (2019), no desenvolvimento da abordagem instrumental, foi o reconhecimento do papel do professor no sentido de saber qual é a sua responsabilidade no apoio às gêneses instrumentais dos estudantes. E é o desenvolvimento de outro conceito, o de orquestração instrumental, que vai tentar responder a essa questão crítica.

1.2.Orquestração Instrumental

A orquestração instrumental (OI) de uma situação matemática, conforme Trouche (2005), consiste na gestão didática dos artefatos presentes no ambiente da sala de aula (tanto os artefatos dos estudantes como também do professor), a fim de executar essa situação. Segundo Trouche (2005):

Uma orquestração instrumental é o arranjo sistemático e intencional dos elementos (artefatos e seres humanos) de um ambiente, realizado por um agente (professor) no intuito de efetivar uma situação dada e, em geral, guiar os aprendizes nas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrio dos seus sistemas de instrumentos. É sistemático, porque, como método, desenvolve-se em uma ordem definida e com um foco determinado, podendo ser entendido como um arranjo integrado a um sistema; é intencional, porque uma orquestração não descreve um arranjo existente (sempre existe um), mas aponta para a necessidade de um pensamento a priori desse arranjo (TROUCHE, 2005, p. 126, tradução nossa).

De acordo com Drijvers *et al.* (2010), a OI é composta por três componentes: configuração didática, modo de execução e performance didática. A configuração didática diz respeito à organização do ambiente de ensino e ao arranjo particular dos artefatos nesse ambiente. Já o modo de execução consiste em como o professor decide explorar essa configuração, com vista a favorecer a gênese instrumental dos estudantes e inclui “as decisões sobre a forma como uma tarefa é introduzida e as formas como o recurso pode ser utilizado e sobre os esquemas e técnicas a serem elaborados e estabelecidos pelos alunos” (DRIJVERS *et al.*, 2010, p. 215). Para uma configuração proposta, há diversos modos para sua execução, esses são previstos e teoricamente analisados no modo de execução. Enquanto isso, a performance didática envolve as decisões *ad hoc* tomadas, durante o ensino, a partir das situações que não foram previstas na configuração didática, além de analisar se o desempenho da OI criada foi favorável ou não aos seus objetivos didáticos.

Dessa forma, enquanto a Abordagem Instrumental diz respeito à transformação mútua de estudante e artefato, no curso de construção do conhecimento com tecnologia, a

Orquestração Instrumental trata do desafio da integração da tecnologia, em sala de aula e nos currículos e em conceber formas de fomentar o processo da gênese instrumental, auxiliando o estudante a desenvolver seu próprio sistema de instrumentos.

No presente estudo, o modelo SACI é usado, para estudar a utilização do artefato Geoplano, em uma atividade envolvendo Polígonos e verificar os esquemas elaborados pelos participantes, na resolução das situações propostas, buscando reconhecer os invariantes operatórios envolvidos, ou seja, procurando identificar, essencialmente, os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação mobilizados durante a ação dos participantes.

3 Metodologia

Esta pesquisa tem uma 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, os 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 pelo pesquisador acerca dos significados dos dados.

Quanto a seus objetivos, este estudo é definido como pesquisa exploratória e descritiva. Segundo Gil (2002, p.41), pesquisas exploratórias têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. O mesmo autor (p.42) ressalta que o estudo descritivo tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno. Como procedimentos, recorreremos à pesquisa-ação, que, segundo Thiollent (1985, p. 14):

[...] é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos do modo cooperativo ou participativo.

Para a coleta de dados, usamos como técnicas a observação, o questionário e a filmagem com os respectivos instrumentos de coleta utilizados pelos pesquisadores: (1) diário de bordo (papel e caneta/lápis), para registrar as interações e ações dos participantes, (2) formulário previamente elaborado pelos pesquisadores com a finalidade levantar os conhecimentos dos participantes relativos ao artefato Geoplano, (3) câmera filmadora, também para registrar os participantes em atividade.

Todos os dados coletados compõem um banco de dados resultantes do planejamento, execução e análise da orquestração instrumental e estão arquivados em posse exclusiva dos autores deste trabalho. As anotações, formulários, fotos e os vídeos resultantes das filmagens foram compartilhados com todos os participantes do estudo a partir da autorização prévia para tal. A análise desses dados foi autorizada pelos participantes, sendo resguardadas a sua identidade e imagem. Para os procedimentos metodológicos do estudo, utilizamos a estrutura própria da concepção de uma orquestração instrumental: configuração didática e modo de execução.

3.1 Configuração Didática

A OI foi realizada, em uma sala de aula da Universidade Aberta do Brasil (UAB) do polo, localizado no município de Itacoatiara – AM. Os pesquisadores usaram como recursos: fichas de trabalho, data show, notebook e 10 Geoplanos retangulares construídos em madeira. Ademais, o espaço continha mesas retangulares, que favoreciam o desenvolvimento do trabalho em grupo. O tempo destinado à orquestração foi de 1 encontro de 4 horas.

Organizamos, nesta pesquisa, o modelo S.A.C.I. Os polos Sujeito (S) e Outros Sujeitos (OS) são compostos por 12 professores, em formação inicial do curso de Licenciatura em Matemática pelo PARFOR, no município de Itacoatiara-AM. Esses professores realizaram atividades tanto de forma individual como em grupos de 3(três) a 4(quatro) membros. Os participantes tiveram a liberdade de formar seus grupos. A escolha dos sujeitos considerou tanto a pertinência do conteúdo com a área de atuação do profissional, o qual é habilitado para o ensino da Geometria Plana e suas aplicações, como a importância de futuros professores se apropriarem de materiais didáticos (digitais ou não) que possibilitem o desenvolvimento de noções geométricas, mediante seu uso em uma situação de ensino. Outros sujeitos da orquestração foram os pesquisadores, visto que um foi também o professor do componente curricular e o outro uma bolsista de iniciação científica.

O Polo Objeto (O) concerne a conceitos básicos de Geometria Plana abordados no Ensino Fundamental Anos Finais e se constituiu, a partir de questões envolvendo os seguintes conceitos: segmento de reta e triângulos. O Polo Instrumento (I) foi representado pelo artefato material Geoplano retilíneo de madeira (Figura 3), que consiste em uma placa de madeira de forma quadrada ou retangular, em que são cravados pregos ou pinos, formando uma malha quadriculada (reticulado). A distância entre os pregos consecutivos, tanto na horizontal, quanto na vertical, é sempre a mesma e é considerada uma unidade de comprimento, e cada quadradinho, uma unidade de área. As representações geométricas são feitas utilizando-se

elásticos coloridos (atrilhos) ou cordões.

Figura 3 – Imagem de um dos Geoplanos construídos para o estudo



Fonte: Elaborado pelos autores.

A escolha do artefato Geoplano se justifica pelo fato de ter sido desenvolvido com a proposta de ser um ambiente não digital, destinado à construção de conceitos da geometria plana e ensino de frações, entre outros (GATTEGNO, 2010). Outro elemento motivador foi o fato de ser um artefato de baixo custo e fácil confecção, que potencializa seu uso nas escolas em que os participantes atuam, uma vez que são, em sua maioria, escolas de comunidades rurais desprovidas de quaisquer recursos tecnológicos e financeiros. Isso corrobora com o pensamento de Bittar (2011, p.163), segundo o qual “não é possível pensar em mudanças na prática pedagógica a partir de situações isoladas da realidade do professor”.

No que se refere às situações da OI, inicialmente na atividade 1 (Quadro 1), o foco está no processo da instrumentalização, que, no modelo SAI, é a relação entre o sujeito e o objeto mediado pelo instrumento (S(I)–O), bem como a relação entre o instrumento e o objeto (I–O). Na sequência, a atividade 2 (Quadro 2) visa ao processo da instrumentação, que se refere à relação entre o sujeito e o instrumento (S–I), em que o sujeito constrói esquemas, procedimentos e operações para a utilização do artefato.

Quadro 1 – Situação de instrumentalização

| Atividade 1 | |
|--------------------|--|
| 1. | O artefato que você tem em mãos chama-se Geoplano e foi criado pelo educador Caleb Gattegno. Quais características você pode observar nesse artefato? |
| 2. | Cite ao menos uma potencialidade e uma limitação do Geoplano retangular. Isto é, algo que seja possível fazer e algo que não seja possível de ser feito com esse artefato. |

Fonte: Dados da Pesquisa.

Quadro 2 – Situação de instrumentação

| Atividade 2 | |
|---|--|
| Atenção: Todas as respostas devem vir acompanhadas de justificativa. | |
| Parte 1 – Segmentos | 1.1. Represente dois segmentos de reta paralelos. 1.2. Represente dois segmentos de reta perpendiculares. |
| Parte 2 – Triângulos | 2.1. Represente: <ul style="list-style-type: none"> 2.1.a) Um triângulo escaleno, um triângulo isósceles e um triângulo equilátero. 2.1.b) Um triângulo retângulo escaleno e um triângulo retângulo isósceles. É possível representar um triângulo retângulo equilátero? 2.2. Represente dois triângulos distintos que tenham a mesma área. Os triângulos devem ter, no máximo, um lado com a mesma medida de um dos lados do outro triângulo. |

Fonte: Dados da Pesquisa.

3.2. Modo de execução

Inicialmente os pesquisadores informaram aos participantes os objetivos do estudo e os convidaram a participarem da pesquisa. Todos aceitaram e assinaram um Termo de Consentimento e Livre Esclarecido (TCLE) que se encontra em posse dos pesquisadores.

Em seguida, aplicamos a atividade 1, em que os participantes foram convidados a explorar as características e potencialidades do artefato Geoplano. A atividade é inicialmente realizada de forma individual (15 min), em seguida, em grupos de 3(três) a 4(quatro) membros, para discutirem as respostas (20 min) e, por fim, cada grupo é convidado a compartilhar suas respostas com a turma toda (15 min).

O objetivo da segunda atividade foi inserir os professores na dimensão da instrumentação da Gênese Instrumental de Rabardel (1995), que é o processo pelo qual as ações do sujeito, para resolver um dado problema, são condicionadas pelas especificidades e potencialidades de um artefato e ao desenvolvimento de esquemas de ação instrumentada que permitem novas maneiras de utilização do artefato, surgindo o instrumento que passa a integrar as práticas do sujeito. Com isso em mente, propomos as situações da atividade 2, em que, novamente, os participantes iniciam o trabalho de forma individual e, em seguida, passam para o trabalho em pequenos grupos, em que analisamos os esquemas de atividades coletivas instrumentadas e depois compartilham suas respostas com toda a turma.

A articulação entre momentos de trabalho individual e trabalho em grupo baseia-se na compreensão de que o instrumento possui um caráter dinâmico, uma vez que ele se modifica e evolui segundo a ação do sujeito em diferentes situações. Esse caráter dinâmico de um instrumento possui três ideias centrais. A primeira é que cada sujeito constrói seus próprios esquemas de uso, logo seu instrumento é diferente do instrumento do “outro”. A segunda é que,

à medida que o sujeito manipula o artefato, novos esquemas são desenvolvidos, transformando o instrumento. E, por fim, o fato de que um mesmo artefato dá origem a diferentes instrumentos construídos por diferentes sujeitos (BITTAR, 2011).

De acordo com a Resolução CNS 466/12, item V, toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e gradações variadas. Ressalte-se ainda o item II.22 da mesma resolução que define como "Risco da pesquisa - possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano, em qualquer pesquisa e dela decorrente". Visando evitar danos à dimensão psíquica e/ou moral, todos os registros audiovisuais e documentais foram restritos à pesquisa, ficando vedada sua exposição para o público externo. Na divulgação dos dados do estudo, a identidade dos sujeitos foi preservada.

4 Resultados e discussões

Como critério para compor o conjunto de dados que seriam analisados nesta pesquisa, estipulamos que considerariamos somente as produções dos participantes que realizaram todas as atividades propostas. Desse modo, o grupo de análise reduziu de 12 para oito sujeitos.

O primeiro encontro iniciou com a aplicação de um questionário, em formulário eletrônico, contendo três situações. Na primeira, tínhamos como objetivo saber qual (quais) dos participantes conheciam o artefato Geoplano. Para tanto, apresentamos a imagem de três artefatos (Geoplano, Ábaco e Tangram) e solicitamos que marcassem qual dos três era um Geoplano. Dos 8 (oito) participantes, 6 (seis) responderam corretamente.

Na segunda situação, entregamos um Geoplano para cada participante e solicitamos que escrevesse, no formulário eletrônico, quais características ele conseguia observar nesse artefato. Três participantes afirmaram que o artefato lembra o tabuleiro dos jogos de dama e de xadrez. Outro observou que o artefato é formado por pequenos quadrados, mas não deu características mais detalhadas. Já dois participantes não apresentaram nenhuma característica. Somente dois apresentaram características mais específicas do artefato.

Participante 1: É basicamente uma malha quadriculada, que foi criada em uma base de madeira na forma quadrada e com pregos fixados em uma distância uniforme de 4cm por 4cm, contendo um total de 56 pregos que nos servem para construir com o auxílio de ligas de borracha as mais diversas formas geométricas planas ou seja bidimensional ou melhor dizendo em 2 dimensões.

Participante 2: Constitui-se por uma placa de madeira, marcada com uma malha quadriculada ou pontilhada. Em cada vértice dos quadrados formados, fixa-se um prego, em que se prenderão os elásticos, usados para "desenhar" sobre o geoplano. Podem-se criar geoplanos de vários tamanhos, de acordo com o n.º de pinos de seu lado, por exemplo, 5x5, ou seja, cada

lado do geoplano tem cinco pinos (pregos).

Em seguida, solicitamos que citassem ao menos uma potencialidade e uma limitação do Geoplano retangular, isto é, algo que seja possível fazer e algo que não seja possível de ser feito com o esse artefato. Três participantes apontaram somente a potencialidade do Geoplano, não indicando nenhuma limitação. Desses, um respondeu que é possível trabalhar polígonos, e os outros que é possível fazer diferentes formas de figuras geométricas, não percebendo a impossibilidade de construir figuras geométricas circulares.

Três participantes conseguiram descrever ao menos uma potencialidade e uma limitação. Entre as potencialidades, destaca-se a construção de polígonos, enquanto a impossibilidade de representar figuras circulares (uma resposta) e figuras tridimensionais (três respostas) foram as limitações citadas pelos participantes. Por fim, um dos participantes não soube responder e outro respondeu incorretamente que no Geoplano não podem ser representadas figuras com mais de uma dimensão.

Em um segundo momento, os participantes foram divididos em grupos de três a quatro membros para compartilharem suas observações. Ao final das discussões, cada grupo deveria produzir um cartaz contendo as características, potencialidades e limitações do artefato Geoplano retangular.

Analisando as respostas individuais com a produção dos grupos, percebemos o quanto as discussões coletivas contribuíram para a ampliação da perspectiva dos participantes em relação às características, potencialidades e limitações do artefato Geoplano retangular. Evidenciam-se, desse modo, ganhos no processo de instrumentalização dos participantes na interação com este artefato. Cada grupo fez uma apresentação oral do seu produto para os demais grupos (Figura 4).

Figura 4 – Participantes apresentando seu produto para os demais grupos



Fonte: Dados da Pesquisa.

Na primeira parte da atividade 2, foi solicitado aos participantes que, inicialmente, de forma individual, representassem dois segmentos de reta paralelos e dois segmentos de perpendiculares no Geoplano. No componente da inferência, era esperado que os participantes

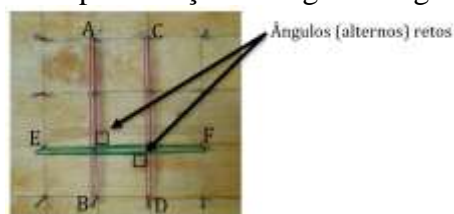
usassem as características do Geoplano para justificar suas representações. Poderia ocorrer também que enfrentassem alguma dificuldade para justificar o porquê de não podermos representar um triângulo equilátero. Gravamos em vídeo a explicação dos participantes e as conclusões da análise desses vídeos são trazidas nos parágrafos seguintes.

Quando solicitados a representar dois segmentos de reta paralelos, três participantes usaram o seguinte teorema em ação: Duas retas são paralelas quando não possuem nenhum ponto em comum. Teorema válido no plano, mas não no espaço, bastando ver o caso de retas reversar. Outros três participantes recorreram ao teorema em ação “Dois segmentos de reta são paralelos quando nunca se interceptam”.

Dois participantes usaram o teorema em ação “Retas paralelas são retas que estão no mesmo plano e que não têm nenhum ponto em comum”. Esse é um teorema em ação verdadeiro, contudo o conceito em ação “reta” não é pertinente à situação, que trata de segmento de reta.

Uma regra de ação esperada para essa situação era: Representar um retângulo e considerar dois segmentos de reta sobre dois lados opostos. O teorema em ação “lados opostos de um retângulo são paralelos” garantiria o paralelismo dos dois segmentos de reta. Outra possibilidade de regra de ação seria: representar no Geoplano três segmentos, conforme Figura 5 e usar o teorema em ação “Uma condição necessária e suficiente para dois segmentos de reta distintos (no caso: \overline{AB} e \overline{CD}) serem paralelas é formarem com uma transversal (no caso: \overline{EF}) e ângulos alternos (ou ângulos correspondentes) congruentes (no caso: 90°)”.

Figura 5 –Representação da segunda regra de ação

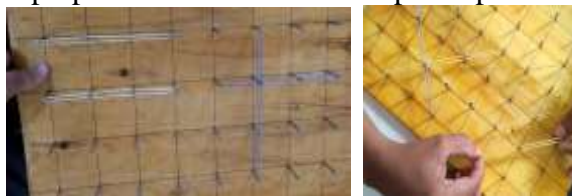


Fonte: Dados da Pesquisa.

Para justificar a representação de dois segmentos de reta perpendiculares, três participantes usaram o teorema em ação “Duas retas são perpendiculares quando se interceptam e formam um ângulo reto”. Esse é um teorema em ação verdadeiro, contudo o conceito em ação “reta” não é pertinente à situação, uma vez que estamos tratando de segmentos de reta. Outros dois (Figura 6) usaram o teorema em ação “Dois segmentos de reta são perpendiculares quando se interceptam em um só ponto que forma um ângulo reto”. Este conceito-em-ação apesar de não abranger todos os segmentos perpendiculares, permite os professores construírem alguns

segmentos perpendiculares. Três participantes não conseguiram recorrer a nenhum teorema em ação.

Figura 6 – Representação de dois segmentos de reta paralelos e dois segmentos de reta perpendiculares de dois dos participantes



Fonte: Dados da Pesquisa.

Para representar dois segmentos de reta perpendiculares, prevemos como regra de ação: representar um segmento de reta sobre uma linha horizontal e outro sobre uma linha vertical de modo que os dois segmentos se interceptassem em um ponto. Como essas linhas no Geoplano formam ângulo reto, os dois segmentos seriam perpendiculares. Outra regra de ação seria escolher um dos pregos do Geoplano e cruzar duas ligas, na direção da diagonal dos quadrados, de forma que elas se interceptem nesse ponto. Como a diagonal do quadrado faz 45° com o seu lado, somando com o ângulo da diagonal do quadrado seguinte, teríamos um ângulo reto entre os dois segmentos, logo eles seriam perpendiculares. Na Figura 7 temos essa representação feita por um dos participantes.

Figura 7 – Participante usando a regra de ação 2



Fonte: Dados da pesquisa.

Nesta atividade, embora todos os participantes tenham conseguido representar corretamente dois segmentos de reta paralelos e a maioria dos participantes (7), dois segmentos de reta perpendiculares, nenhum recorreu às características do Geoplano para justificar o paralelismo e a perpendicularidade dos segmentos de reta representados.

Na parte 2 da atividade 2, iniciamos solicitando aos participantes que representassem, no Geoplano, um triângulo escaleno, um triângulo isósceles, um triângulo equilátero, um triângulo retângulo escaleno e um triângulo retângulo isósceles. Ademais perguntamos se era possível representar um triângulo retângulo equilátero.

Para representar um triângulo escaleno, um triângulo isósceles, um triângulo equilátero,

prevemos a seguinte regra de ação: Unir com uma liga elástica três pregos. Para que o triângulo seja escaleno, as medidas de todos os lados devem ser diferentes (Teorema em ação: Um triângulo é escaleno quando as medidas dos três lados são diferentes). Para que o triângulo seja isósceles, as medidas de dois dos lados devem ser iguais (Teorema em ação: Um triângulo é isósceles quando as medidas de dois dos três lados são iguais).

Foi possível verificar que todos os participantes seguiram essa regra de ação, porém nenhum deles conseguiu justificar suas representações, nem recorreram às características do Geoplano para tentar apresentar alguma justificativa.

Agora, para representar um triângulo retângulo escaleno e um triângulo retângulo isósceles, prevemos uma regra de ação para obter o ângulo reto: unir três pregos com uma liga elástica formando um triângulo de modo que um dos catetos estivesse sobre uma linha horizontal e o outro sobre uma linha vertical e, desse modo, o ângulo reto estaria no vértice de interseção dos dois catetos. Evidentemente que o ângulo reto poderia ser obtido de outras formas, mas consideramos essa regra de ação a mais “natural” de ser considerada pelos participantes.

Somente dois participantes conseguiram representar esses triângulos e, embora conseguissem apontar o local do ângulo reto, nenhum deles soube justificar o porquê daquele ângulo medir 90° . Em relação à possibilidade de representar um triângulo equilátero no Geoplano retangular, somente um participante apresentou justificativa.

A última situação da parte 2 da atividade 2 solicita aos participantes que representem dois triângulos distintos que tenham a mesma área, mas com a restrição de terem, no máximo, um lado com a mesma medida entre eles. Como regra de ação mais elementar, prevemos duas possibilidades: (1) Representar dois triângulos com base e altura relativa a essa base de mesmas medidas nos dois triângulos e (2) Representar dois triângulos com base e altura relativa a essa base com medidas diferentes, mas cujo produto da base pela altura seria o mesmo para os dois triângulos. Nenhum participante conseguiu responder a essa questão.

5 Conclusão

Neste estudo nos propomos a responder à seguinte pergunta: de que modo acontece a Gênese Instrumental do Geoplano na resolução de situações envolvendo os objetos matemáticos segmento de reta e triângulos? Para tanto, estabelecemos como objetivo analisar, com base nas ações de professores em formação de matemática pelo PARFOR e no modelo de Situações de Atividades Instrumentais (SAI), proposto por Pierre Rabardel, a Gênese

Instrumental do Geoplano, na resolução de situações, envolvendo os objetos matemáticos segmento de reta e triângulos. Participaram do estudo 12 professores em formação pelo PARFOR, entretanto, para nossa análise, consideramos as produções dos oito que realizaram todas as atividades propostas.

Quando solicitados a escreverem quais características conseguiam observar do Geoplano, somente dois apresentaram características bem específicas desse artefato. Em relação às potencialidades e limitações, a possibilidade da construção de polígonos e a impossibilidade de representar figuras espaciais foram as mais citadas. Analisando as respostas individuais com a produção dos grupos, pôde-se perceber que as discussões coletivas contribuíram, para a ampliação da perspectiva dos participantes, em relação às características, potencialidades e limitações do artefato Geoplano retangular. Evidencia-se, desse modo, ganhos no processo de instrumentalização dos participantes na interação com este artefato.

Considerando o modelo S.A.I, no qual os sujeitos eram os professores em formação, o instrumento, o Geoplano com os esquemas desenvolvidos e o objeto, segmento de reta e triângulos, a análise dos dados evidenciou a não ocorrência do processo de instrumentação, uma vez que nenhum dos participantes conseguiu usar as características do Geoplano para justificar suas ações. Desse modo, o artefato Geoplano não consistia, naquele momento, em um instrumento para os participantes, ou seja, não ocorreu a gênese instrumental desse artefato.

Levantamos algumas hipóteses para a não instrumentação dos participantes. A primeira foi a questão do tempo. As situações de instrumentação e instrumentalização foram realizadas no mesmo dia em um tempo de 4h. Outro fator que ficou bem evidente, a partir das nossas observações, foi a fragilidade no conhecimento de conteúdo dos participantes. Isso pode ser evidenciado nos teoremas em ação equivocados e nos conceitos em ação não pertinentes usados durante a resolução das situações propostas. Essa fragilidade limitou as possíveis regras de ação a serem tomadas e, conseqüentemente, os esquemas a serem desenvolvidos.

Dessa forma, pensamos na seguinte questão: um tempo maior na exploração das características e potencialidades do artefato e usar conceitos em ação pertinentes às situações já durante a instrumentalização, pode tanto melhorar o conhecimento do conteúdo dos participantes como contribuir no processo da instrumentação e, conseqüentemente, favorecer a gênese instrumental? Que artefatos podem propiciar invariantes da geometria no espaço? Essas perguntas nortearão nossas pesquisas futuras.

6 Agradecimento

Agradecemos à Universidade Federal do Amazonas e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior como instituições apoiadoras deste trabalho.

7 Referências

ABAR, Celina Aparecida Almeida Pereira; ALENCAR, Sergio Vicente. A Gênese Instrumental na Interação com o GeoGebra: uma proposta para a formação continuada de professores de Matemática. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 27, p. 349-365, 2013.

ALVES, Paulo Bento. **Planificações de sólidos geométricos no ensino remoto: um estudo da gênese instrumental de estudantes**. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

BELLEMAIN, Franck; TROUCHE, Luc. 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.

BITTAR, Marilena. A abordagem instrumental para o estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de matemática. **Educar em revista**, p. 157-171, 2011.

BITTAR, Marilena; MUNIZ, Cristiano Alberto (org.). **A Aprendizagem matemática na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais**. Curitiba: CRV, 2009.

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

DO ROSÁRIO SANTOS, Ueslei Galvão; SILVA, Poliana Schettini; CRUZ, Antônio Messias Lopes. A gênese instrumental do material manipulativo régua trigonométrica no processo de ensino e aprendizagem do objeto matemático redução ao 1º quadrante. In: Encontro Nacional de Educação Matemática, 12., 2016, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Sbem, 2016. P. 1-12. Disponível em: http://www.sbem.com.br/enem2016/anais/pdf/7843_3858_ID.pdf. Acesso em: 09 abr. 2023

DOS SANTOS RODRIGUES Roberta; LIRA, Ana Beatriz Pinheiro; CONCEIÇÃO, Ewerly Reis; DE SOUZA, Kassio Kevy Alves.; DA COSTA, Thamillie Ketelen; DA SILVA FEITOSA, Francisco Eteval Instrumentalização do artefato simbólico equações do 1º grau com duas incógnitas em um ambiente não digital. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e108111436205-e108111436205, 2022.

DRIJVERS, Paul *et al.* The teacher and the tool: Instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. **Educational Studies in mathematics**, v. 75, n. 2, p. 213-234, 2010.

GARCÍA-CUÉLLAR, Daysi; FLORES, Jesús Victoria. 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, Daysi Julissa; MARTÍNEZ MIRAVAL, Mihály André. Estudio del proceso de génesis instrumental del artefacto simbólico función exponencial. **Transformación**, v. 14, n. 2, p. 252-261, 2018.

GATTEGNO, Caleb. **The common sense of teaching mathematics**. New York: Educational Solutions World, 2010.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LARA, Isabel Cristina Machado. **Jogando com a Matemática na Educação Infantil e séries iniciais**. São Paulo: Rêspel, 2003.

LORENZATO, Sérgio (Org.). **O Laboratório de Ensino de Matemática na Formação de Professores**. 2.ed. Campinas: Autores Associados, 2009.

MEDEIROS, Cleide Farias de; SANTOS, Ernani Martins dos. **O concreto e o abstrato em Educação em Física e em Matemática**. Recife: UFRPE, 2001.

NACARATO, Adair Mendes. Eu trabalho primeiro no concreto. **Revista de Educação Matemática**, v. 9, n. 9-10, p. 1-6, 2005.

NOTARE, Márcia Rodrigues; BASSO, Marcus. Gênese instrumental do GeoGebra na formação de professores. **ZETETIKÉ. Revista de Educação Matemática**, v. 25, n. 2, p. 305-323, 2017.

RABARDEL, Pierre. **Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains**. Armand colin, 1995.

RABARDEL, Pierre. **People and technology: a cognitive approach to contemporary instruments**. Université Paris 8, Paris, 2002.

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

SALAZAR, Jesus Victoria Flores. **Gênese instrumental na interação com Cabri 3D: um estudo de transformações geométricas no espaço**, 319f. Tese (Doutorado em Educação Matemática)- Programa de Estudos Pós Graduated em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVEIRA, Érica Santana; VITA, Aida Carvalho; KATAOKA, Verônica Yumi. A gênese instrumental na interação de licenciandos em matemática com uma maquete tátil no estudo de probabilidade. **Em Teia| Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana**, v. 6, n. 3, p. 1-25, 2015.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 1985.

TROUCHE, Luc. An instrumental approach to mathematics learning in symbolic calculator environments. In: GUIN, Dominique; RUTHVEN, Kenneth; TROUCHE, Luc (Eds.) **The didactical challenge of symbolic calculators**. Springer Science & Business Media, Boston, MA, 2005. p. 137-162.

VERGNAUD, Gérard. Teoria dos Campos Conceituais. In: NASSER, Lilian. **Anais do Primeiro Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro. 1993.

VERGNAUD, Gérard. Algunas ideas fundamentales de Piaget em torno a la didáctica. **Perspectivas: Revista trimestral de educación comparada**, n. 1, p. 195-207, 1996.

VERGNAUD, Gérard. Towards a cognitive theory of practice. In: **Mathematics Education as a Research Domain: A Search for Identity**: Na ICMI Study Book 1, Dordrecht: Springer Netherlands, 1998. p. 227-240.

XAVIER NETO, Armênio Lannes. **Um estudo da Gênese Instrumental para função de uma variável real com várias sentenças**, 161f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Programa de Estudos Pós-graduados em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2016.

XAVIER NETO, Armênio Lannes; DA SILVA, Maria José Ferreira. Gênese Instrumental do artefato 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, p. 107-125, 2017.