



I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática

01 a 06 de novembro de 2016

Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil

TEORIA DA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL: UM OLHAR PARA A FORMAÇÃO DOCENTE ¹

Rosilângela Lucena

UFPE, Brasil

rosi.lucenasc@gmail.com

Verônica Gitirana

UFPE, Brasil

veronica.gitirana@gmail.com

Luc Trouche

IFÉ, ENS de Lyon, France

luc.trouche@ens-lyon.fr

Resumo: O presente artigo traz um recorte das análises iniciais de uma pesquisa de doutoramento que visa analisar adaptações necessárias para o uso da Teoria da Orquestração Instrumental na criação de metaorquestrações instrumentais para o desenvolvimento de situações de ensino de aportes teórico-metodológicos, na formação inicial de professores de matemática, com suporte da tecnologia digital, na integração teoria-prática. Os dados de parte de um piloto com estudantes de metodologia de pesquisa são analisados. Para isto, uma metaorquestração instrumental foi especialmente elaborada visando formar estudantes na prática e na teoria sobre a própria teoria, assim como na metodologia de pesquisa em torno da mesma. Os resultados parciais apontam importantes achados sobre elementos da teoria que surgem na vivência da orquestração instrumental pelos estudantes em formação.

Palavras-chave: Metaorquestração instrumental. Formação de professores. Recursos digitais. Geometria dinâmica.

Introdução

Este artigo reporta resultados parciais de um estudo de pesquisa de doutoramento que tem por objetivo analisar adaptações necessárias para o uso da Teoria da Orquestração Instrumental na criação de metaorquestrações instrumentais para o desenvolvimento de situações de ensino de aportes teórico-metodológicos, na formação inicial de professores de matemática, com suporte da tecnologia digital, na integração teoria-prática. Nele discutimos resultados preliminares de um dos

¹ Pesquisa parcialmente financiada pela CAPES – Bolsa de Doutorado e CNPq – Edital Universal

grupos de estudantes pesquisados quanto a uma orquestração que integra o uso de software de Geometria Dinâmica para exploração de construções geométricas e de razões.

Uma metaorquestração instrumental é uma orquestração instrumental sobre orquestrações instrumentais, aqui utilizada para formação de professores que visa fazê-los descobrir, refletir e se apropriar da noção de orquestração instrumental. Esta apresenta três fundamentos: metaconfiguração didática, metamodo de execução e metadesempenho didático.

Teoria da Orquestração Instrumental - TOI

Com o uso da metáfora da orquestração instrumental - OI, Trouche (2004) compara a sala de aula a uma orquestra. Segundo Trouche (2005, p. 126, tradução nossa):

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 numa ordem definida e com um foco determinado, podendo ser entendido com 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.

A TOI com base na abordagem instrumental (RABARDEL, 1995) estuda e orienta o uso de artefatos para fins educacionais, por parte do professor (DRIJVERS et al, 2010) e por parte do aluno (TROUCHE, 2004). De acordo com Rabardel (1995), a gênese instrumental é a transformação do artefato gerada pela ação do sujeito, tornando-o um instrumento à medida em que o sujeito passa pelo processo de instrumentação ao integrá-lo à sua prática. A transformação do artefato em instrumento não é própria da estrutura da ferramenta, mas dos esquemas que o sujeito desenvolve para integrá-lo.

Para Rabardel (1995), um instrumento é um constructo psicológico, é uma entidade mista, constituída de um artefato e de um esquema, e é na gênese instrumental que a relação entre ambos se estabelece. Esta é caracterizada por dois processos elementares, a instrumentalização e a instrumentação. Embora sejam processos imbricados, Trouche (2004) afirma que são interdependentes e que diferenciá-los é indispensável para a análise da gênese instrumental.

A instrumentalização ocorre quando o sujeito insere o artefato em sua prática na intenção de conhecer suas propriedades, sua interface e funcionalidades, desenvolvendo assim esquemas de uso. No entanto, quando o indivíduo atribui funções aos artefatos, os esquemas de ação instrumentada ou esquemas mentais evoluem, dando origem às novas formas de utilização do artefato, surge então o instrumento. Quando isto ocorre, tem-se o processo de instrumentação do sujeito que passa a integrar de fato o instrumento à sua prática. (RABARDEL,1995, p.93, tradução nossa).

O conceito de esquema é o definido por Vergnaud (1996),

O esquema é definido precisamente como a organização invariante da atividade para uma definida classe de situações. Esta organização tem quatro componentes: um ou mais objetivos, com o seu conjunto de sub-objetivos e antecipações; regras de ação, informação e tomada de controle; invariantes operatórios (conceitos e teoremas em ação), tanto para a gestão e tratamento da informação relevante; possibilidades de inferência".

A abordagem instrumental da TOI estuda o desenvolvimento dos sujeitos na utilização de artefatos, transformando-os em instrumentos, por meio dos processos de instrumentalização e instrumentação. A Teoria da Orquestração busca modelar a ação docente em um ambiente rico em tecnologias digitais que favoreça a gênese instrumental dos indivíduos, tomando por base três fases: a configuração didática, o modo de execução e o desempenho didático. As duas primeiras foram caracterizadas por Trouche (2004) e a última, por Drijvers et al (2010).

A configuração didática diz respeito à organização da sala de aula e às escolhas didáticas feitas pelo professor no que concerne à tarefa matemática, aos recursos a serem disponibilizados, às funções dos indivíduos envolvidos, entre outros aspectos. Já o modo de execução consiste na operacionalização da configuração didática desenvolvida previamente pelo professor com foco na gênese instrumental dos estudantes. No desempenho didático, o professor pode perceber, a partir do modo de execução, situações que não foram previstas na configuração didática. Diante destas, o professor faz emergir as decisões *ad hoc*. Além disto, pode analisar se o desempenho da orquestração instrumental criada foi favorável ou não aos seus objetivos didáticos.

De acordo com Drijvers et al (2010), a TOI tem um grande potencial para colaborar com estudos que busquem investigar a ação docente em espaços ricos em tecnologias. E enfatizam a necessidade de se considerar a improvisação, a inexperiência e os sons nem sempre harmônicos presentes em sala de aula. Tais aspectos, considerados pelos autores, são bastante evidenciados no desempenho didático das orquestrações instrumentais.

A Teoria inicialmente criada para estudar a integração de recursos em sala de aula vem sendo pensada, neste estudo de doutoramento, como base para construção de situações de formação teórico-prática para docência. Introduzimos aqui a noção de metaorquestração, como uma orquestração sobre a orquestração instrumental. Assim como a orquestração instrumental, a metaorquestração apresenta três etapas: metaconfiguração didática, metamodo de execução e metadesempenho didático. A seguir, esboçamos a noção de metaconfiguração didática por ser relevante para este artigo.

A metaconfiguração didática pode ser entendida como a articulação entre recursos e esquemas de uso entre orquestrações, organização e articulação das diferentes orquestrações que a compõe, a articulação entre as diferentes funções que um indivíduo assume entre orquestrações, por orquestrações instrumentais que deem conta dos objetivos didáticos da metaorquestração instrumental. Sendo assim, construímos uma metaorquestração instrumental para formação de professores sobre a própria teoria da orquestração instrumental. Este artigo traz uma análise inicial do estudo piloto que motivou a delimitação do objeto da tese, e aplicado na formação de mestrados, assumindo a perspectiva de formação de professor e de pesquisador.

Método

Para o estudo piloto, a metaorquestração instrumental foi desenhada e aplicada em uma turma da disciplina de Metodologia de Pesquisa de um curso de Mestrado, visando a formação dos mestrados quanto à TOI e às metodologias de pesquisa utilizadas. A experimentação teve duração de quatro horas e com a participação efetiva de 23 mestrados e duas professoras, também autoras desse trabalho, em uma sessão de 4 h/a. Os mestrados têm formação superior diferentes incluindo: Licenciatura em Matemática, Pedagogia, Licenciatura em Expressões Gráficas e Informática.

A Metaorquestração para Ensino da TOI e Métodos de Pesquisa

Para desenvolver a metaorquestração instrumental para formação teórico-prática sobre a TOI e de metodologia de pesquisa para os mestrados mestrados em Educação Matemática e Tecnológica, consideramos dois critérios: (1) promover uma vivência prática de uma orquestração instrumental para uma tarefa matemática, a fim de revelar a teoria como suporte ao desenvolvimento de situações de ensino; (2) contemplar a formação dos mestrados sobre metodologias para pesquisar orquestrações instrumentais. Pretendíamos que os mestrados, ao final, trouxessem à tona o entendimento sobre a Orquestração Instrumental experimentada

na tarefa matemática: (a) as três etapas de uma orquestração instrumental; (b) a relação entre artefato e instrumento; (c) os diferentes processos de gênese instrumental; (d) a relação entre a situação e os recursos escolhidos para a aula; (e) a importância da gestão de recursos para o sucesso de uma orquestração instrumental; (f) a relação entre conhecimento matemático, conhecimento do *software* e instrumentação.

Com relação aos métodos de coleta de dados utilizamos: (a) o questionário estruturado aplicado pelo pesquisador para traçar o perfil do estudante; (b) a observação e diário de bordo do experimento feito por um pesquisador externo ao experimento; (c) a filmagem do experimento, captando as ações dos estudantes que resolvem a tarefa; (d) a captura de tela (em vídeo) como importante instrumento para pesquisas com o uso de recursos computacionais.

A metaconfiguração didática desta metaorquestração é composta por quatro orquestrações instrumentais (OI_1 , OI_2 , OI_3 , OI_4) articuladas. Vale salientar que as orquestrações OI_1 e OI_2 ocorrem simultaneamente. As demais orquestrações, OI_3 e OI_4 , ocorrem de forma sequencial. A figura 1 é um panorama geral de como planejamos a metaorquestração instrumental.

Figura 1: Metaorquestração Instrumental para o Ensino da TOI.



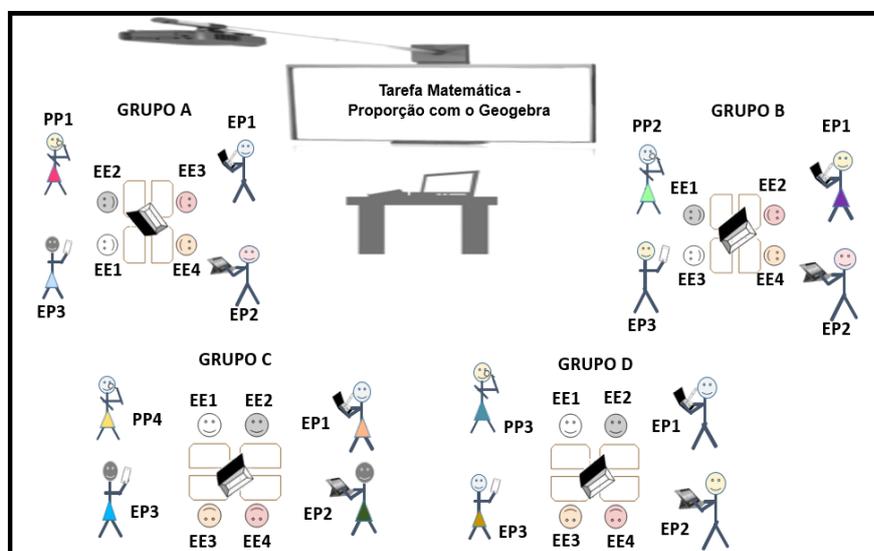
Fonte: elaborada pelos autores.

Ao se elaborar uma configuração didática e planejar o modo de exploração, fazemos previsões de como deveriam ocorrer cada etapa. Porém, o próprio Desempenho Didático antecipa, muito do planejado muda, vamos utilizar a descrição com o verbo presente, e na análise, já com o verbo no passado, destacar as alterações, oriundas de decisões *Ad hoc*.

Para as orquestrações OI_1 e OI_2 , planejamos o seguinte: (a) os estudantes, mestrados, são divididos em quatro Grupos (A, B, C, D), a partir da escolha deles, cada um com sete estudantes e uma professora em sua composição; (b) para execução da tarefa matemática,

cada Grupo escolhe quatro de seus integrantes, os estudantes executores (EE1, EE2, EE3, EE4) de uma tarefa matemática; (c) três dos sete assumem a função de estudantes pesquisadores (EP1, EP2, EP3). Esses se dividem em três tipos de técnicas de coleta de dados indicadas pelas pesquisadoras: observação não estruturada por meio do registro cursivo, observação estruturada por meio da filmagem, assumindo o papel de apoio técnico, uma vez que não deve ter qualquer interação com os participantes do grupo o qual faz parte, e, por meio de questionário, assumir o papel de entrevistador; (d) as quatro professoras assumem a função de professoras pesquisadoras (PP1, PP2, PP3, PP4), para observar a atuação de cada grupo como um todo, e realizar a filmagem do trabalho dos grupos. Também devem orientar a coleta de dados, explicando como cada estudante-pesquisador deve proceder. Buscamos na Figura 2 desenhar o cenário planejado para a sala de aula.

Figura 2 - Configuração Didática das Orquestrações Instrumentais OI_1 e OI_2 .



Fonte: elaborada pelos autores.

A OI_1 diz respeito à tarefa matemática, sua configuração didática foi pensada para dar-lhe um caráter prático e centrado nas ações instrumentadas dos estudantes executores (EE1, EE2, EE3, EE4). No modo de execução, os estudantes assumem um papel ativo, enquanto o professor (papel assumido pelas duas pesquisadoras) assume um papel mais passivo, atuando como observador do trabalho destes, dando suporte apenas quando solicitado.

A tarefa matemática que compõe a OI_1 , construída em torno da aprendizagem de razão e construções geométricas, será, neste texto, detalhada após a apresentação das demais orquestrações da Metaorquestração.

A OI₂ diz respeito aos métodos de pesquisa com técnicas e instrumentos de coleta de dados que podem ser utilizados em investigações que façam uso da TOI. Também tem caráter prático e centrado nas ações instrumentadas dos demais estudantes pesquisadores, ao investigar os colegas realizando a tarefa matemática na OI₁. Os dados gerados na execução da OI₁ servem como artefatos para a OI₂. Espera-se que esses estudantes reflitam, além dos métodos de coleta de dados, as etapas e princípios da TOI, os processos de instrumentação e instrumentalização, a importância de cada recurso, os esquemas dos estudantes executores, a importância da gestão de recursos na execução da tarefa. Tais reflexões são essenciais para as fases seguintes em que todos os estudantes assumem uma mesma função.

A OI₃ visa fomentar uma discussão dialogada sobre a Teoria da Orquestração Instrumental. De sua configuração didática, destacamos o compartilhamento prévio, de um texto sobre a teoria, com todos os estudantes atuando na discussão, mesmo que com experiências nas OI anteriores, diferenciadas. Além disto, o professor faria uso de uma apresentação com *slides* para conduzir a discussão teórica. O modo de execução é marcado pelo caráter teórico e centrado na ação do professor, o qual deveria provocar os estudantes à discussão e procura fazer com que estes estabeleçam relações entre às práticas realizadas nas OI₁ e OI₂ com os aspectos teóricos que estão sendo discutidos nessa terceira orquestração.

A OI₄ consiste no compartilhamento de análise dos dados coletados nas OI₁ e OI₂ para discussão coletiva à luz do que foi estudado na OI₃. A configuração didática nesta orquestração reagrupa os estudantes para que analisem os dados coletados por meio dos instrumentos utilizados nas OI₁ e OI₂ para coleta. Após a apresentação da análise de um Grupo, segue-se a discussão geral sobre esta, com toda turma e professoras. Cada grupo, apresenta suas análises da tarefa, as quais são discutidas. O modo de execução revela o caráter teórico-prático e coletivo desta orquestração, contemplando um aspecto relevante à formação dos mestrandos: a análise dos dados.

Neste artigo, detalharemos e analisaremos a OI₁, com um olhar sobre aspectos que ela possa trazer para a discussão dos elementos já elencados da TOI.

1ª Orquestração Instrumental (OI₁)

A tarefa matemática - Para que os mestrandos vivenciassem os conceitos fundamentais da Teoria da Orquestração Instrumental, uma orquestração instrumental foi construída simulando uma classe de estudantes explorando um conteúdo matemático por meio de uso de um *software*. Optamos pela Geometria Dinâmica e por um conteúdo matemático

em que esse tipo de *software* pudesse promover um diferencial para o seu ensino. A figura 3 mostra a ficha com a tarefa tal como foi disponibilizada em sala.

Figura 3: Tarefa matemática da OI - Construção de um boneco no Geogebra.

Construa um boneco (cabeça, tronco e membros inferiores e superiores), com vista frontal.

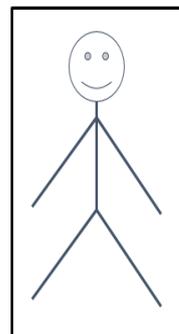
Condições:

I – Escolha uma pessoa do seu grupo como **modelo** e verifique a **razão** entre a altura de sua cabeça e maior comprimento de seu corpo (tronco e membros);

II – Construa o desenho de um corpo humano no software de geometria dinâmica **GEOTEBRA**;

III – A **simetria** entre os lados direito e esquerdo do corpo e as **razões** estabelecidas devem ser respeitadas mesmo se **ampliarmos** ou **diminuirmos** qualquer parte do corpo.

IV – O **tempo** para conclusão da atividade é de **30min**.



Fonte: elaborada pelos autores.

Decidimos oferecer o desenho do boneco, para que os estudantes se mantivessem com um boneco simples, com foco nas razões entre os comprimentos das partes do boneco. Os primeiros conhecimentos envolvidos foram: (I) *razão* entre as *medidas* de *comprimentos*. Nesse momento, sugeriu-se a adoção de um modelo vivo, sem fornecer instrumentos de medição. Tínhamos como hipótese que a falta de indicação de um instrumento favoreceria a discussão da diferenciação entre artefato e instrumento. A instrução (II) solicitava a construção do boneco, com as condições (III), que exigia simetria e invariância das razões obtidas. Não foi orientado os tipos de ferramentas que os estudantes deveriam utilizar, ficando por conta de seus conhecimentos do Geogebra e da Geometria. Assim, diferentes experiências entre ferramentas e tarefas seriam vivenciadas, para o enriquecimento das discussões sobre a orquestração instrumental traçada.

A condição de manutenção da proporção, ao se arrastar qualquer das partes do boneco, explora o aspecto dinâmico do software com uso de construção de uma figura que não se deforme ao se ampliar qualquer das partes a qual põe o estudante a pensar sobre as propriedades que definem um objeto geométrico. Eles poderiam se utilizar da circunferência como objeto geométrico base para manutenção das distâncias, por exemplo, mas poderiam também utilizar translação dos segmentos. Assim, poderíamos discutir a relação entre conhecimento matemático - artefato e instrumento - formação do aluno em uma configuração didática.

Configuração Didática

Após a decisão do conteúdo a explorar e construção da tarefa matemática, iniciamos o processo de organização dos recursos humanos (mestrandos e professoras) e de seus papéis. A turma na qual o experimento foi aplicado era composta de 28 mestrandos matriculados. Havia a confirmação da presença de uma das professoras da disciplina, de outra professora convidada, interessada na teoria em foco, e das duas professoras pesquisadoras, responsáveis pela criação e experimentação teórico-prática da metaorquestração instrumental para o ensino da TOI.

As tecnologias digitais e outros recursos – para cada grupo de estudantes executores é disponibilizado um *notebook* com acesso à internet e com dois *softwares* já instalados. O fato de não permitir o uso de mais de um *notebook* para realização da tarefa, buscava que os quatro estudantes de cada grupo trabalhassem de forma coletiva, em uma mesma solução da tarefa. O Geogebra, *software* de Geometria Dinâmica, escolhido para a realização da tarefa por ser gratuito e mais difundido entre os estudantes. Esperávamos que alguns dos estudantes já estivessem instrumentalizados com o Geogebra e com o *software aTube Catcher*, para capturar ações realizadas na tela do computador e o áudio dos indivíduos que as realiza. O Geogebra foi instalado nos *notebooks*, previamente, sem mudanças de configurações iniciais.

Quanto às professoras-pesquisadoras, estas devem usar de um *notebook* e passador de slides próprios, lousa e projetor digital, ambos pertencentes à sala de aula, para explicar a tarefa matemática, por meio de uma apresentação de slides.

Modo de Execução

Inicialmente, e por meio de uma apresentação de slides, projetada por um *notebook*, uma lousa e projetor digital, as professoras dão as instruções aos estudantes executores de cada Grupo, os quais utilizam o *notebook* e o Geogebra. Deve ser permitido o uso da internet e de outros recursos, além dos disponibilizados, que possam contribuir com a resolução da tarefa, a qual deve ser concluída em até 30 min.

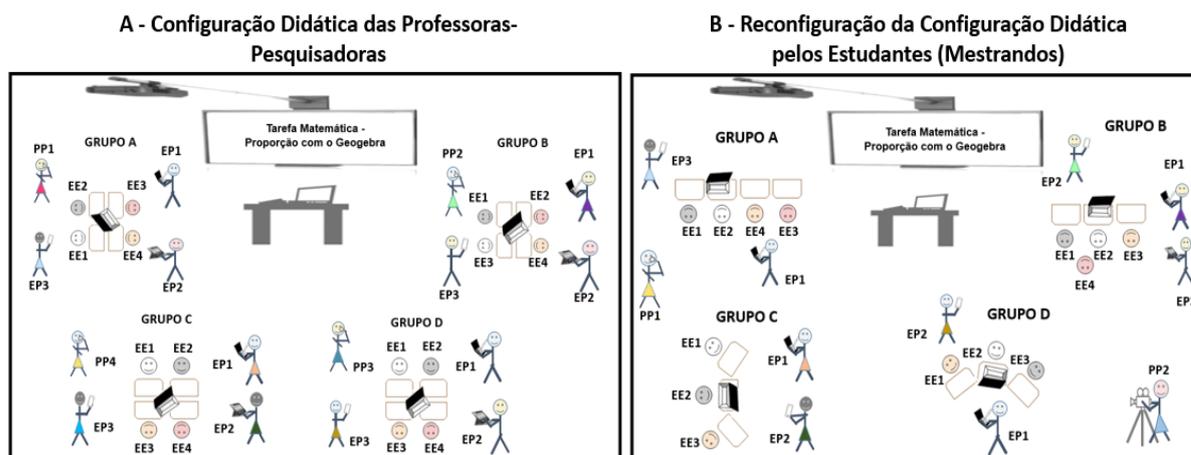
Por um lado, tínhamos a ideia de que a realização da tarefa poderia tomar todo o horário da aula, o que inviabilizaria a metaorquestração instrumental para aprendizagem da Teoria da Orquestração Instrumental. Buscamos uma tarefa não tão sofisticada para garantir que mesmo não finalizando o boneco, os estudantes parassem sua construção em 30 minutos, a fim de se poder vivenciar as demais orquestrações, já com dados da vivência de uma orquestração em torno do uso de recursos digitais no ensino da matemática. Ao final da

atividade (ou do tempo), os estudantes executores gravam o arquivo da construção do boneco realizada no Geogebra.

Desempenho Didático

As primeiras situações inesperadas e decisões *ad hoc* em relação à configuração didática projetada foram observadas no início da aula. Com o atraso de vários dos estudantes os grupos foram formados com 5 estudantes e os que iam chegando encaixavam-se. Com a ausência de duas das quatro professoras, ficou redefinido o acompanhamento de dois grupos por professora-pesquisadora. Essas situações dificultaram o controle do quantitativo de 7 estudantes por grupo, ficando ao final: o Grupo A com 6 no total e 4 para realização da tarefa, o Grupo B com 7 e 4, o Grupo C com 5 e 3 e o Grupo D com 5 e 3, respectivamente. O novo quantitativo de estudantes nos grupos, inclusive, para execução da tarefa, ocasionou a ampliação do tempo para realização desta, alterado de 30 min para 45 min. Dois grupos atuaram com três estudantes-executores e dois atuaram com quatro. Houve também uma reorganização na disposição dos estudantes-executores em torno da sala, como podemos perceber na figura 4.

Figura 4: Reconfiguração da Configuração Didática da OI₁.



Fonte: elaborado pelos autores.

Ao iniciarem a resolução da tarefa, exposta na lousa digital, os estudantes revelaram a importância de que a tarefa tivesse sido distribuída entre os grupos em um formato impresso, evitando a necessidade de estar olhando para a lousa para visualizá-la, o que muitas vezes foi dificultado com a movimentação dos participantes pela sala de aula. Revela-se, rapidamente, a

busca pela inserção de mais um instrumento, requisitados a partir do conhecimento didático dos estudantes, que já têm experiência docente.

Após a leitura da tarefa e explicação das condições para sua realização, feitas pelas professoras-pesquisadoras, os estudantes questionam sobre qual instrumento deveriam utilizar para fazer as medições, haja vista, nenhum ter sido disponibilizado. Neste momento, as pesquisadoras informam que eles poderiam optar por qualquer tipo de instrumento que escolhessem. Um dos grupos optou por um cabo de carregador de celular para medir e um dos seus componentes como modelo para determinar a razão de proporcionalidade, estabelecida entre a medida da cabeça do modelo e as demais partes do corpo. Outro grupo fez uso da lousa para marcar a altura de um de seus componentes que serviu de modelo. Os outros dois grupos buscaram escolher as razões com o Geogebra, sem passar por um modelo vivo.

Desempenho Didático do Grupo C na OI₁

Nesta sessão, discutiremos o desempenho didático do Grupo C na OI₁. A escolha foi pautada na qualidade dos dados coletados relativos às interações e às ações deste grupo, tanto na O₁ quanto na O₂, o que contribuiria para a análise destas, assim como da metaorquestração criada para o ensino da TOI.

O Grupo C inicia a realização da tarefa matemática proposta, reconfigurando parte da configuração didática projetada (Figura 4A). Eles optam por uma organização em que os três estudantes-executores ficam encostados na parede da sala de aula, inviabilizando o ângulo de filmagem do estudante-pesquisador às ações do grupo no computador. Após orientação da professora pesquisadora (PP2), os estudantes pesquisadores reorganizam o grupo (Figura 4B). A situação *ad hoc*, três estudantes (Figura 4B) à frente da resolução da tarefa e não quatro (Figura 4A) como previsto, favoreceu as interações dos participantes. Uma estudante operava o Geogebra no computador, enquanto os outros dois, um de cada lado, davam suporte. Vale salientar que estes dois estudantes tomaram o controle do computador com a saída da estudante que estava no comando, para ser entrevistada, após reclamações.

O primeiro desafio dos estudantes quanto à resolução da tarefa consistiu em encontrar a razão de proporcionalidade. O grupo C decidiu pela medição da cabeça de um de seus participantes que serviu como modelo. A medida da cabeça serviu para estabelecer a razão de proporcionalidade em relação às demais partes do corpo. Os estudantes-executores determinaram dois instrumentos não convencionais para fazê-lo: o palmo e um cabo de carregador de celular, este último representou excelente exemplo na discussão da relação entre artefato e instrumento.

As razões foram definidas utilizando a altura da cabeça marcada no cabo do celular. Em seguida, já com a razão de proporcionalidade estabelecida entre comprimentos das partes do corpo, os estudantes-executores iniciaram um processo de instrumentalização em relação ao Geogebra transitando entre as ferramentas oferecidas no menu do software. Um dos esquemas de ação instrumentada dos estudantes, revelado pela captura de tela do computador, consistiu em experimentar ferramentas antes de utilizá-las na construção geométrica. Este procedimento foi adotado muitas vezes, levando-nos a crer que eles conjecturavam o uso da ferramenta selecionada a partir da tentativa e erro, e o uso exterior à construção servia para que eles se instrumentalizassem com o comando do software.

Outra situação que nos chamou à atenção foi o não uso de construções geométricas pautadas nessas razões de proporcionalidade. O Grupo desenvolve um processo de construção cujos esquemas de uso são centrados na medida dos objetos geométricos com pouca articulação entre os objetos de forma a preservar a razão. Pode-se argumentar que o *software* foi utilizado para desenhar e não para construir um boneco com as propriedades indicadas como uma figura, na qual as razões entre as medidas seriam invariantes.

O desenho do boneco foi realizado com base nas medidas de suas partes em relação a unidade do sistema cartesiano disponível no *software*, em que a altura da cabeça foi colocada como 2 unidades. O grupo passa a utilizar como instrumento de medida a escala dos eixos cartesianos e pares ordenados disponíveis na área de visualização do Geogebra. As medidas obtidas pelas coordenadas cartesianas escolhidas pelos estudantes acompanham as características geométricas do desenho.

Os estudantes percebem que a construção não satisfaz as condições postas quando tentam diminuir um dos braços do boneco e as demais partes (cabeça, pescoço e braço esquerdo) não variam conforme a manipulação realizada. Eles continuam tentando avançar rumo à construção proposta até que, como relatado por um dos membros do grupo, “[...] eles perdem o foco da tarefa e passam a colorir as partes do boneco”. Percebemos que o grupo, possui no início pouca instrumentalização com o *software*, e com o conhecimento da geometria como figura. A pouca vivência da ideia dinâmica da Geometria não os permite instrumentar-se para resolver a tarefa proposta.

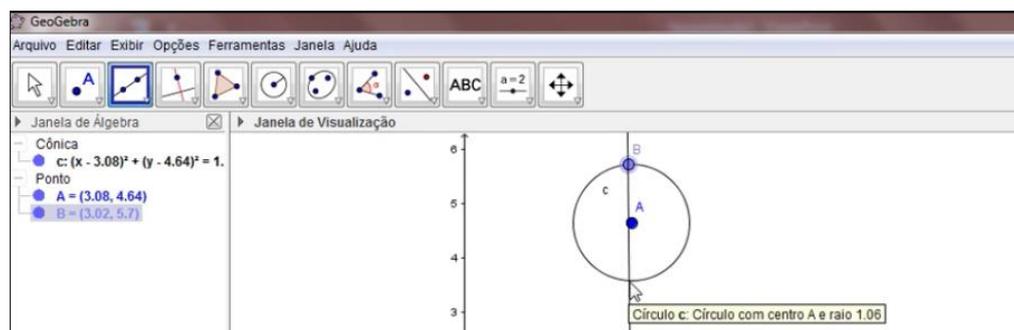
Análise da 1ª Orquestração Instrumental (OI₁)

Procuramos orquestrar a OI₁ para que emergisse a gênese instrumental, revelada nos processos de instrumentalização e instrumentação, tal como, esquemas de uso, de ação instrumentada e os de invariantes operatórios. O desempenho didático do Grupo C, descrito

anteriormente, evidencia o início da gênese instrumental dos estudantes, a instrumentalização, assim como um esquema para tal instrumentalização. Processo este que ainda estava sendo vivenciando ao término do tempo de execução da tarefa, interrompendo uma possível ascensão à instrumentalização do Geogebra para esta tarefa. Instrumentação essa que claramente dependia de um conhecimento matemático dos objetos da geometria como figura, como é discutido por Laborde (1993).

A figura 5 consiste em uma fase da captura de tela em que os estudantes-executores tentam colocar uma reta que passe pelo centro da circunferência utilizando a ferramenta *reta que passa por dois pontos*. Selecionam um ponto da circunferência e depois outro ponto da mesma, e tentam ajustar visualmente o segundo ponto para que a reta fique passando por cima do centro, em vez de utilizar as propriedades de um diâmetro, por meio da construção geométrica a partir de suas propriedades. Há uma clara interrelação entre a dificuldade de se instrumentar ligada ao conhecimento geométrico e da geometria dinâmica.

Figura 5: Grupo C – Captura de tela da resolução da tarefa no Geogebra



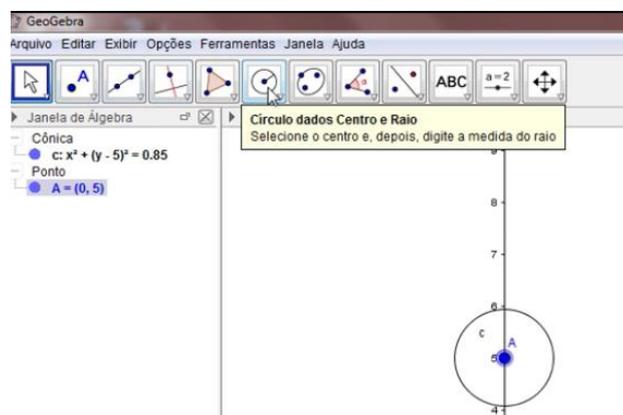
Fonte: elaborado pelos autores

Os esquemas de uso são evidenciados na escolha e utilização dos artefatos palmo e cabo do celular como instrumentos de medição. Por necessidade, eles transformam um artefato disponível em um instrumento de medida, em que a comparação entre comprimentos é valorizada. Outro exemplo, são as escolhas de ferramentas por experimentação - tentativas e erros - do Geogebra para construção geométrica proposta (Figura 5). Eles tentam cada comando separadamente e depois usam em seu desenho.

Para construir a reta vertical que passa pelo centro da circunferência eles usam como invariante o fato de passar por dois pontos da circunferência, e o ajuste visual, utilizam um conhecimento em ação inválido na construção geométrica. Passar por dois pontos da circunferência não garante que a reta passe pelo centro, mesmo que visualmente pareça que passa. De fato, eles queriam fazer a linha do corpo e ainda deixá-la na vertical. Não

conseguindo, abandonam esse esquema de ação e utilizam o eixo vertical cartesiano e partem dele tanto como instrumento de medida como para a direção vertical do corpo do boneco. Abandonam a construção geométrica, para ficarem mais próximos à analítica, por meio de troca de valores dos pares ordenados.

Figura 6: Grupo C – Captura de tela com construção utilizando o eixo cartesiano



Fonte: elaborada pelos autores.

No novo esquema de uso adotado, o eixo cartesiano passa a ser um dos instrumentos básicos da construção (Figura 6). O centro da circunferência é construído com centro em cima do eixo vertical e sobre um valor indicado no eixo. As medidas e horizontalidade foram construídos com invariantes centrados em medidas indicadas pelos eixos.

Considerações Finais

Como mostram as análises apresentadas anteriormente, a orquestração instrumental OI_1 propiciou situações ricas para a discussão: (a) que diferencia artefato e instrumento; (b) que aponta a importância da configuração didática, tanto em termos da escolha dos recursos, (c) que aponta a importância da situação e do conhecimento docente, em diferentes dimensões, (d) que auxilia na identificação de invariantes e de esquemas de uso, (e) que auxilia a distinção entre instrumentalização e instrumentação.

Os resultados apontam elementos para o refinamento da ideia de metaorquestração instrumental principalmente para como as resoluções da tarefa matemática, resultados de uma orquestração, passam a ser parte dos recursos da outra orquestração. A produção dos grupos na OI_1 , é recurso essencial para a OI_2 . Assim, a Metaconfiguração didática exige um olhar detalhado e antecipações dos modos de execução das outras orquestrações, permitindo a articulação.

Perspectivas Futuras

A pesquisa apresenta-se em andamento das análises do piloto, que nos dará suporte a identificar elementos necessários ao uso da TOI para pensar orquestrações instrumentais com foco na formação teórico-prática de professores de matemática em formação inicial. Tal estudo, também, nos auxiliará no refinamento da definição de metaorquestração instrumental tal como, de seus princípios e referências teóricas necessários.

Referências

DRIJVERS, P.; DOORMAN, M.; BOON, P.; REED, H.; GRAVMEIJER, K. The Teacher and the Tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, Springer, Holanda, v. 75, n. 2, p. 213-234, 2010.

LABORDE, C. The Computer as Part of the Learning Environment: the case of Geometry. *In* KEITEL, C.; RUTHVEN, K. **Learning from Computers: Mathematics Education and Technology**, v.121, NATO ASI Series, p.48-67, The Netherland, Springer. 1993. ISBN: 978-3-642-78544-3.

RABARDEL, P. Les hommes et les technologies: une approche cognitive des instruments contemporains. Paris: Armand Colin, 1995.

TROUCHE, L. Environnements informatisés et mathématiques: quels usages pour quels apprentissages? **Educational Studies in Mathematics**. v.55, pp.181-197, 2004.

TROUCHE, L. Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v..25, pp. 91-138, 2005.

VERGNAUD, G. The theory of conceptual fields. In L.P. Steffe; P.Nesher; P.Cobb, G.A. Goldin; B.Greer (Eds.) **Theories of Mathematical Learning**, Mahwah, Lawrence Erlbaum Ass. p. 219-239, 1996.