

Orquestração instrumental on-line para a aprendizagem de função no contexto de ensino remoto

Marcelo Muniz¹, Verônica Gitirana², Rosilângela Lucena²

¹Mestrando em Educação Matemática e Tecnológica - EDUMATEC – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) CEP: 50740-530 – Recife – PE – Brasil

²Docente do Núcleo de Formação Docente - Campus Acadêmico do Agreste – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) CEP: 55014-900 – Caruaru – PE – Brasil

marcelo.muniz.wp86@gmail.com, veronica.gitirana@gmail.com,
rosi.lucenasc@gmail.com

Abstract. *This study, an excerpt from a dissertation in progress, aimed to develop, apply and analyze an online instrumental orchestration for learning functions with a focus on solving activity in the context of remote learning. The online instrumental orchestration consisted of solving a proposed activity, adapted from the OBMEP, collaboratively in pairs. This contribution enabled pre-service teachers not only to experience the difficulties that their students will face when solving a situation in a remote environment but also promoted collective work, the mobilization of different concepts, which favored the development of collective instruments for solving the proposed situation and reflection on concepts related to functions.*

Resumo. *Este estudo, recorte de dissertação em andamento, objetivou desenvolver, aplicar e analisar uma orquestração instrumental on-line para a aprendizagem de funções com foco na resolução de uma atividade no contexto de ensino remoto. A orquestração instrumental on-line consistiu da resolução em duplas colaborativa de uma situação adaptada de uma questão da OBMEP. Este aporte viabilizou aos futuros professores não só a vivência de dificuldades que seus alunos encontrarão ao resolver uma situação no ambiente remoto, como também promoveu o trabalho em conjunto, a mobilização de diferentes concepções, as quais favoreceram o desenvolvimento de instrumentos coletivos de resolução da situação matemática e a reflexão sobre conceitos correlatos às funções.*

1. Introdução

O contexto de pandemia causado pelo vírus SARS-CoV-2, também conhecido como o novo coronavírus, expôs a necessidade das pessoas buscarem alternativas para que a sociedade não parasse. As tecnologias, então, ganharam papel principal na educação, viabilizando, assim, o ensino remoto. Convém ressaltar, porém, que ensino remoto difere da modalidade de ensino à distância (EaD). Saraiva, Traversini e Lockmann (2020) destacam que os cursos da segunda modalidade se desenvolvem praticamente sem interações síncronas entre professores e alunos, restando a um tutor uma parte significativa do trabalho, além de ter avaliações padronizadas a serem aplicadas aos alunos. Já a primeira, teve mais destaque durante o período de isolamento. Tanto as

escolas como as instituições de ensino superior (IES), sejam elas públicas ou privadas, aderiram ao ensino remoto e seus professores passaram a ministrar aulas por meio de plataformas tecnológicas de encontros virtuais, tais como *Zoom*, *Google Meet*, *Microsoft Teams* entre outras. Na modalidade de ensino remoto, diferentemente do EaD, toda a responsabilidade educativa está a cargo do professor, tal como destacam Saraiva, Traversini e Lockmann (2020), que pode planejar suas avaliações de modo mais personalizado e ajustado às realidades pandêmicas.

Este panorama atual de ensino remoto, no qual professores e estudantes de diferentes níveis e modalidades de ensino têm se deparado, tornou-se um verdadeiro desafio que não se pode vencer sem o uso dos dispositivos digitais e da internet. É neste cenário didático de ensino remoto que pesquisadoras [Gitirana e Lucena, no prelo] perceberam um campo promissor para o desenvolvimento de orquestrações instrumentais *online*, verdadeiras arquiteturas pensadas para dar suporte ao ensino remoto, em especial, o ensino de matemática.

A Orquestração Instrumental On-line, então, foi concebida sob uma atmosfera tecnológica, para ser executada remotamente, em um ambiente repleto de artefatos tecnológicos. Em uma das primeiras pesquisas no Brasil a abordar este tema, Couto (2015) investigou as mediações didáticas do papel de tutores on-line, cuja análise ocorreu em uma disciplina de Geometria Analítica de um curso EaD. Os resultados da análise realizada nesta pesquisa colocam em evidência a necessidade do ensino on-line de matemática orquestrado.

Inspiradas na definição de Trouche (2005) de orquestração Instrumental, [Gitirana e Lucena no prelo] definem:

Uma Orquestração Instrumental on-line é o arranjo sistemático e intencional dos elementos (artefatos e seres humanos) de um ambiente formado pelo virtual(is) e físico (em diferentes espaços geográficos), realizado por agentes (professor(es) e monitores) no intuito de efetivar uma situação dada e, em geral, guiar de forma remota, síncrona e/ou assíncrona, seus aprendizes em suas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrio dos seus sistemas de instrumentos.

Dentro do contexto remoto, a pesquisa mais recente encontrada foi descrita por Feitosa e Rodrigues (2021), em que os autores constataram a orquestração instrumental online ter potencial para ser um aporte teórico-metodológico para a prática docente no contexto de ensino remoto para o estudo de Cálculo. De acordo com os apontamentos levantados pela pesquisa, percebeu-se o aumento da satisfação dos estudantes com as situações propostas para atividade de ensino. Assim, houve melhora em termos qualitativos da aprendizagem e do rendimento discente, contribuindo para a diminuição da evasão/desistência.

Portanto, com base nas evidências anteriores, buscamos neste estudo, um recorte de dissertação, desenvolver, aplicar e analisar uma orquestração instrumental on-line para a aprendizagem de funções com foco na resolução de uma atividade, no contexto de ensino remoto, em um curso de Licenciatura em Matemática de uma IES de Pernambuco.

2. A Orquestração instrumental

Trouche (2005), para fundamentar a construção da Orquestração Instrumental (OI), utilizou uma metáfora que compara a sala de aula rica em tecnologias, em especial,

as digitais com a orquestra. Nesta direção, ele define dois componentes essenciais a se pensar para estruturar o ensino de um tema: a configuração didática e o modo de execução. Corroboraram com o desenvolvimento da OI Drijvers *et al.* (2010), ao enxergarem a sala de aula considerando a existência de eventos imprevistos e de decisões *ad hoc* necessárias para o bom andamento da orquestração, ao definirem o terceiro componente de uma OI, a performance didática.

É no contexto de uma sala de aula em que o professor exerce o papel de mediador ante a uma sala de aula rica em tecnologias. Foi sob esta atmosfera tecnológica mediada pelo professor, que dá suporte à resolução de diferentes situações, favorecendo o surgimento de instrumentos, que a metáfora Orquestração Instrumental foi criada. Neste contexto figurado, idealizado por Trouche (2004), o professor passa ao papel de maestro, os estudantes são os instrumentistas e os artefatos didáticos serão os futuros instrumentos musicais a serem transformados. A música, nesse caso, conforme aponta Lucena (2018, p. 47), “é o resultado de todos os procedimentos executados pelos instrumentistas, guiados pelos maestros, com seus instrumentos, respeitadas as condições impostas pela partitura executada”.

A Orquestração Instrumental, definida por Trouche (2005) e traduzida por Lucena (2018), 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 [Trouche 2005, p.126 apud Lucena 2018, p. 46].

2.1 Componentes da Orquestração Instrumental

Detalhamos aqui as componentes de uma orquestração instrumental as quais a orquestração instrumental on-line também utiliza: configuração didática, modo de execução [Trouche 2004, 2005] e performance didática [Drijvers et al. 2010].

- **Configuração Didática:** de acordo com Bellemain e Trouche (2019), é um arranjo particular (podemos dizer: uma arquitetura) dos estudantes e dos artefatos. Ela diz respeito a um conjunto de situações e escolhas didáticas que deverão ser realizadas pelo professor, as quais irão compor tal arquitetura [Lucena 2018, p.49].
- **Modo de Execução:** diz respeito à forma como os artefatos são utilizados em uma determinada configuração. Mesmo com papéis e funções bem definidos em uma configuração didática, há diversas formas de exercer uma mesma função [Bellemain e Trouche 2019], cuja previsão dessas formas, para Drijvers et al. (2010),

“é a forma como o professor decide a configuração didática para o benefício das suas intenções didáticas. Isso inclui decisões sobre a forma como uma tarefa é introduzida e trabalhada, seja sobre os papéis dos artefatos para ser jogado, e na técnica e esquemas para ser desenvolvida e estabelecida pelos alunos” [Drijvers et al. 2010, p. 215].

- Performance Didática: esta componente busca descrever “os ajustes que o professor realiza na aula quando ele operacionaliza as configurações didáticas e os modos de execução que ele havia planejado a priori” [Bellemain e Trouche 2019, p.10]. É nesta etapa em que o professor pode repensar todo o ciclo da orquestração, modificando a situação matemática proposta ou algum aspecto da configuração didática ou do modo de execução previstos. É esta ação que torna o modelo flexível, permitindo ao professor refletir sobre suas ações de condução da orquestra. É na performance didática que saltam aos olhos os eventos imprevistos, às quais, em geral, segundo Drijvers et al. (2010) carecem de uma decisão *ad hoc* do professor, ao perceber que tal situação poderá comprometer o bom andamento da orquestra. Lucena (2018) percebeu que situações imprevistas também emergem durante a resolução das situações propostas e que, às vezes, colocam em xeque as estratégias ou atuação dos estudantes, fazendo com que reajam à situação. Tal reação foi denominada reação *ad hoc* pela autora.

A orquestração instrumental, portanto, é um modelo que leva em conta que o professor vai gerir as escolhas realizadas por ele para configuração didática e modo de execução ao orquestrar o ensino. E é com base neste modelo, também, que o professor pode refletir sobre a experiência por ele adquirida após cada vivência de orquestração, e se esta conseguiu atender aos objetivos pré-estabelecidos. A análise da performance didática da orquestra se faz essencial não apenas para validar a orquestra, mas também para revelar ao professor adaptações necessárias ao seu melhoramento.

3. Metodologia

Esse estudo foi realizado como uma pesquisa de intervenção de uma orquestração instrumental com uma dupla de estudantes, fruto de um piloto da pesquisa de dissertação.

Uma situação foi proposta aos sujeitos por meio da plataforma *Google Classroom*. Na perspectiva de dar suporte a este processo, uma orquestração instrumental *online* foi criada, a qual foi vivenciada remotamente de forma síncrona.

3.1 Sujeitos e Ambiente da pesquisa

Os sujeitos desta pesquisa são uma dupla de licenciandos em Matemática de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IES), cursando o último período do curso. Os dois alunos aceitaram participar do piloto da pesquisa a partir de uma consulta a estudantes que estavam realizando o trabalho de conclusão de curso.

A escolha por esse público deveu-se ao fato de já terem familiaridade com o objeto matemático em foco - as funções. Além disso, é sabido que estão em regime de ensino remoto, o que torna estes sujeitos mais habilitados no sentido de participar efetivamente da pesquisa sem maiores dificuldades no que concerne ao uso de tecnologias digitais, ferramentas da plataforma escolhida para compor o cenário da pesquisa e serem acompanhados pelos pesquisadores de forma síncrona ou assíncrona.

3.2 A Orquestração Instrumental *On-line*

A orquestração instrumental on-line consistiu na resolução, em dupla, de uma atividade proposta, a questão 2 da prova da OBMEP¹ 2014 nível 3, conforme descrita a seguir e apresentada na Figura 1. Esta questão demanda dos sujeitos conhecimentos sobre funções, em um contexto das grandezas geométricas. Foi uma etapa síncrona, na qual os licenciandos ingressaram em uma sala de aula virtual por videoconferência na plataforma *Google Meet*. Este encontro ocorreu mediante gravação, sob anuência dos participantes, já que eles estavam com áudios e câmeras ligadas.

Apresentamos a seguir as componentes de nossa orquestração instrumental on-line: descrição de uma situação a ser resolvida, configuração didática, modo de execução, sendo esta descrita em um quadro comparativo já com a performance didática. No modo de execução, elaboramos uma análise a priori das questões, prevendo possíveis dificuldades dos licenciandos nas questões apresentadas na situação matemática e na performance didática, o que ocorreu durante a OI on-line.

A situação matemática

(OBMEP-2014/2ª fase/nível 3 - adaptada) Uma formiga anda sobre o contorno de um retângulo ABCD. Ela parte do ponto A, anda 20 centímetros até chegar em B, depois anda mais 10 centímetros até chegar em C e finaliza seu trajeto em D. Após andar x centímetros, a formiga está em um ponto F do contorno.

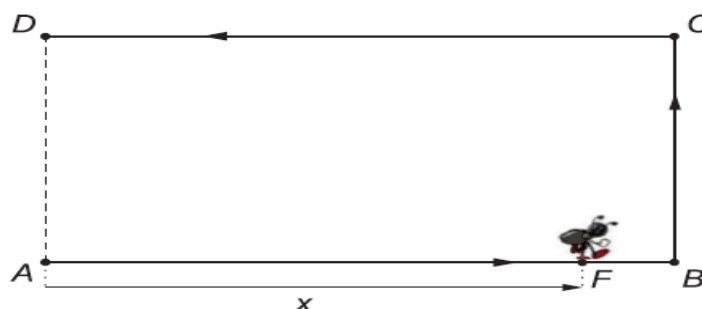


Figura 1. A figura do enunciado do problema

- Quantos centímetros a formiga anda em seu trajeto de A até D?
- Calcule a área do triângulo ADF quando $x = 22$ cm.
- Descreva as diferentes fórmulas gerais das funções que compõem a figura do enunciado.
- Qual a relação entre os diferentes valores de x , ou seja, a distância percorrida pela formiga?
- Esboce o gráfico em um papel ou no quadro compartilhado.
- O que aconteceria com o domínio quando a formiga estiver nos pontos A e D? Existe alguma função nesses pontos?
- O que podemos afirmar sobre os conjuntos Contradomínio e Imagem? Eles coincidem? Podem admitir todo e qualquer valor?

¹ OBMEP - Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas: <http://www.obmep.org.br/>

Classe de situação: resolver uma sequência de atividades relativas ao conceito de função definida por várias sentenças, em grupo, em uma sala de aula virtual via *Google Meet*.

Configuração Didática - esta OI on-line, síncrona, possui uma situação matemática sobre funções que deve ser resolvida em grupo. Trata-se de uma componente na qual os grupos ingressam, por meio de um link enviado pelo professor, em uma sala de aula virtual para cada um deles, por videoconferência, na plataforma *Google Meet*. No Quadro 1, pode-se observar os artefatos necessários, como devem ser organizados e a quem se destinam.

Gestão de Artefatos da OI On-line

Os recursos propostos nesta OI On-line, tanto para o licenciando quanto para o professor, serão agrupados em: computador, celular / *tablet* e material físico, cujo cenário está apresentado a seguir na Figura 2 [Santos, no prelo].

Computador: Acesso ao *Google Meet* com microfone, alto-falante e câmera em funcionamento (para o professor, sugere-se a função gravação habilitada); Acesso a internet (Banda larga) com navegador; Leitor de pdf; Acesso ao Jamboard.

Celular / tablet: Instalação do app do *Google Meet*; Acesso a internet (Banda larga ou 3G/4G) com navegador; Instalação dos apps de apresentação do Google; Leitor de pdf; Instalação do Jamboard.

Material Físico: Lápis e papel (de preferência papel quadriculado)

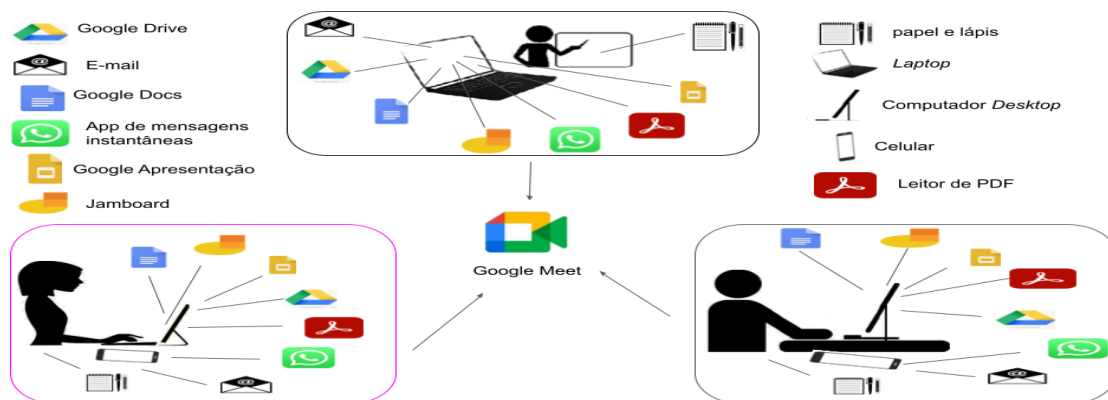


Figura 2. O cenário da Orquestração Instrumental *Online*

A configuração didática de uma OI estabelece a gestão de artefatos, as ações dos sujeitos, além do papel de cada um deles, bem como o tempo de duração. No Quadro 1, [Santos, no prelo] apresenta uma síntese das escolhas realizadas para a configuração didática da OI *on-line*.

Quadro 1. Configuração Didática da OI *Online*

Ações	Papel prof + aluno	Tempo	Artefatos
Estudantes entram na sala de seu grupo, cujo link será disponibilizado um dia antes e enviado para o email de cada um.	Mediador envia os emails e mensagens por celular via Whatsapp para os estudantes e os recepciona na sala de aula remota.	5 min	Videokonferência + compartilhamento da apresentação com a situação + orientações de como proceder.
Estudantes se organizam para dividir os papéis	Estudantes organizam a discussão. O mediador só interfere em caso de dúvidas sobre acesso e compartilhamento.	10 min	Videokonferência + compartilhamento de tela e externo do GDoc
Estudantes coletivamente discutem e organizam a resolução da atividade.	Estudantes se organizam colaborativamente, registrando as ideias de resolução do grupo. O Mediador só interfere em caso de dúvidas de comandos do GDoc e em situação que atrapalhe o andamento da atividade	1,5 hora	videokonferência + compartilhamento da tela + Gdoc (compartilhamento externo)
Finalização do trabalho	Mediador incentiva que o pessoal feche a atividade	15 min	videokonferência + compartilhamento da tela + Gdoc (compartilhamento externo)

4. Resultados e discussão

Apresentamos a seguir a performance didática com o olhar para a Orquestração Instrumental *online* desenvolvida com o objetivo de apresentar o que este aporte trouxe de benefícios e o que poderia ser melhorado, servindo de alicerce para estudos posteriores.

Performance Didática da Orquestração Instrumental *Online*

Uma vez manifestado o interesse dos licenciandos em participar da OI *online*, um grupo no aplicativo Whatsapp foi formado para que houvesse fluidez no diálogo entre os participantes. Assim, após um acordo para melhor data e horário, uma sala de aula virtual no Google *Meet* foi criada e, tanto o *link* de acesso quanto o protocolo de atividade foram disponibilizados nesse grupo e por *e-mail*. Os licenciandos então foram recepcionados e os dispositivos, como alto-falantes, microfones e câmeras, iam sendo testados. Um dos participantes comentou que o computador não tinha esses recursos em bom funcionamento e então entrou na sala também por meio do dispositivo celular. O mediador da pesquisa abriu um quadro interativo compartilhado, o Jamboard, disponível

no próprio Google *Meet*, através do qual os estudantes pudessem solucionar a atividade proposta. No entanto, no momento de iniciar a gravação, o mediador não compartilhou o quadro na gravação e uma parte inicial da pesquisa não foi gravada.

Ao iniciar a leitura da atividade, os estudantes de licenciatura apresentaram dificuldades de compreensão do enunciado. Segundo o problema, a formiga segue um trajeto de A a D. Após andar x centímetros, ela estará em um ponto F do contorno. Os licenciandos interpretaram que, ao chegar ao ponto D, a formiga ainda andava x centímetros, o que não é verdade. O ponto F representa uma posição qualquer e x , o caminho percorrido desde o ponto A. Após perceber a dificuldade de interpretação do enunciado, os autores concordaram com a má formulação do enunciado, reescrevendo-o para os próximos estudos.

Esta Orquestração Instrumental *Online* foi concebida para ocorrer com uso de recursos tecnológicos disponíveis, como o GeoGebra, pois, como defende Bellemain (2013), *softwares* de geometria dinâmica apresentam potencialidades para o ensino remoto. Isto porque acreditamos que a utilização desse artefato auxilia o aluno durante o processo de visualização da situação, seja sob o ponto de vista gráfico, geométrico e algébrico. No entanto, os licenciandos que participaram desta atividade não possuíam, no momento da execução, conhecimentos sobre utilização do *software* e com isso, este recurso não pôde ser implementado. Neste caso, portanto, foi solicitado que a representação gráfica da função em questão fosse esboçada no quadro compartilhado (Jamboard).

No que concerne aos conhecimentos abordados na atividade proposta, propusemos uma atividade que contemplava o conceito de função em uma situação matemática específica no contexto geométrico. O nível de conhecimento dos licenciandos propiciou a resolução da atividade, porém chamou a atenção para algumas dificuldades específicas, inerentes ao estudo do objeto matemático em questão, as quais serão tratados em outro estudo. Tais dificuldades poderiam ser melhor resolvidas caso os estudantes tivessem utilizado o *software* GeoGebra, uma vez que as variáveis envolvidas no problema seriam melhor visualizadas. No entanto, para que a atividade não parasse, foi necessária a intervenção dos mediadores no sentido de fornecer instruções para a resolução da questão, não necessariamente dando a resposta.

Portanto, a Orquestração Instrumental *Online* criada e aplicada aponta necessidade de adaptações, a começar pela escrita do enunciado, de modo que seja melhor compreendida pelos sujeitos que irão solucionar a atividade, otimizando o tempo inicial. Por fim, as perguntas propostas nas atividades também precisam de ajustes, para que as dificuldades específicas sobre funções que os estudantes apresentaram ao resolver a atividade sejam minimizadas ao passo que agreguem o *software* GeoGebra como suporte.

5. Conclusões

A orquestração instrumental *online* mostrou-se ser uma experiência a qual levará os futuros professores a vivenciarem as dificuldades que seus alunos encontrarão ao resolver uma situação no ambiente remoto. Com este aporte metodológico, pode-se também observar as escolhas feitas pelos sujeitos que trabalham para resolver a OI *online*, assim como as ações, os conhecimentos evocados, utilizados e desenvolvidos. As

dificuldades podem ser analisadas não só quanto ao uso dos artefatos, como também as situações inesperadas, decisões *ad hoc* dos formadores.

Por fim, esta orquestração instrumental *online* viabilizou também o trabalho em conjunto, a mobilização de diferentes concepções, as quais favoreceram o desenvolvimento de instrumentos coletivos de resolução da situação matemática, a reflexão sobre conceitos correlatos às funções, tais como domínio, contradomínio, imagem, aplicados em uma situação geométrica e a exposição de dúvidas sobre diferentes aspectos correlatos à função e de diferentes tecnologias digitais.

Referências

Bellemain, F. Géométrie Dynamique Collaborative, comparaison entre Geogebra, Tabulae et CarRMetal: Le point de vue de l'orchestration. *Jounees de Mathematiques*, 2013.

Bellemain, F., Trouche, L.. Compreender o trabalho do professor com os recursos de seu ensino, um questionamento didático e informático. *Caminhos da Educação Matemática em Revista/Online*, v. 9, n. 1, p. 105-144, 2019.

Couto, R.M.L.S. Mediações Didáticas da Tutoria Online da Geometria Analítica: uma análise à luz da orquestração instrumental e das representações semióticas. 2015. 172 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

Drijvers, P., Doorman, M.; Boon, P.; Reed, H.; Gravemeijer, K. 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.

Feitosa, F. E. da S., Rodrigues, R. dos S. Aprendizagem cooperativa baseada em problemas e orquestração instrumental no ensino de cálculo. *REAMEC - Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, *Cuiabá*, v. 9, n. 1, e21030, janeiro-abril, 2021. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i1.11798>. Acesso em 29 mai. 2021

Lucena, R. Metaorquestração Instrumental: um modelo para repensar a formação de professores de matemática. 2018. Tese (Doutorado em Educação Matemática). 383p. Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

Saraiva, K., Traversini, C., Lockmann, K. A educação em tempos de COVID-19: ensino remoto e exaustão docente. *Praxis Educativa, Ponta Grossa*, v. 15, p. 1–24, 2020. ISSN: 18094031. ISBN: 0000000219938. DOI: 10.5212/praxeduc.v.15.16289.094.

Trouche, L. Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. *Recherches en didactique des Mathématiques*, Grenoble, v. 25, p. 91-138, 2005