

Análise de um sistema de recursos, construído por um professor de Química, em uma formação continuada

ADRIANA DE OLIVEIRA DIAS¹

CELINA APARECIDA ALMEIDA PEREIRA ABAR²

Resumo

Esse artigo apresenta resultados parciais de uma pesquisa sobre o uso do GeoGebra, por professores, na criação de recursos para o ensino da matemática e ciências adaptando ou criando materiais, ajustados aos interesses, às necessidades e aos problemas que enfrentam nas escolas, utilizando como referencial teórico a Abordagem Documental do Didático. Foi proposta, inserida em um projeto de um doutorado ainda em desenvolvimento, uma formação continuada na qual, por meio de um trabalho colaborativo entre pesquisadores e professores, procurou-se integrar a tecnologia como ferramenta potenciadora de novas ideias para o ensino. É apresentado neste artigo o sistema de recurso de um dos professores participantes da formação, analisado alguns recursos considerados centrais, com o objetivo de procurar identificar os invariantes operacionais relacionados e levando-se em conta seu conhecimento e crenças.

Palavras-chave: *Abordagem Documental do Didático; Recurso; GeoGebra.*

Abstract

This article presents partial results of a research on the use of GeoGebra, by teachers, in the creation of resources for the teaching of mathematics and sciences adapting or creating materials, adjusted to the interests, needs and problems they face in schools, using as a theoretical framework the Documentary Approach of the Didactic. It was proposed, inserted in a project of a doctorate still in development, a continuing education in which, through a collaborative work between researchers and teachers, it was sought to integrate technology as a tool to enhance new ideas for teaching. This article presents the resource system of one of the teachers participating in the training, analyzing some resources considered central, with the objective of trying to identify the related operational invariants and taking into account their knowledge and beliefs.

Keywords: *Documentary Approach to Didactics; Resource; GeoGebra.*

Introdução

A colaboração entre pesquisadores e professores corresponde às exigências educativas do século XXI e às expectativas atuais do mercado de trabalho. Essa

¹ Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. PEPG em Educação Matemática – e-mail: adrianadias@unemta.br

² Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. PEPG em Educação Matemática – e-mail: abarcaap@pucsp.br

necessidade torna-se maior quando levamos em conta a complexidade da formação inicial dos professores da escola básica, em particular o professor de matemática, face aos desafios que lhe são impostos.

Nesta pesquisa foi proposta uma formação continuada de professores das áreas de matemática e ciências da natureza de modo a caracterizar um contexto STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), acrônimo que indica contextos multidisciplinares e transdisciplinares para o ensino das Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática em todos os graus de ensino. A proposta se insere em um projeto de pesquisa denominado “Um estudo da formação continuada do professor a partir de sua interação com recursos no contexto STEM”, aprovado nas instâncias da PUC-SP. O objetivo do projeto é contribuir para a formação continuada de professores para o ensino e a aprendizagem que integrem a tecnologia como ferramenta para novas ideias no ensino em matemática e ciências, num enquadramento STEM. É apresentado neste artigo o sistema de recurso de um dos professores participantes da formação, analisado alguns recursos considerados centrais, com o objetivo de procurar identificar os invariantes operacionais relacionados e levando-se em conta seu conhecimento e crenças.

No desenvolvimento da formação continuada investigamos o uso do GeoGebra na criação de recursos, pelos professores, para o ensino da matemática e ciências em duas vertentes: adaptando ou criando materiais, ajustados aos interesses, às necessidades e aos problemas enfrentados pelos professores nas escolas e investigando o uso destes materiais nos contextos escolares. Este *software* foi desenvolvido por uma equipe de pesquisadores liderados por Markus Hohenwarter da Universidade de Salburg para ser utilizado em ambiente de sala de aula e tem como vantagem o fato de ser gratuito, viabilizando seu uso em escolas públicas.

A formação continuada foi desenvolvida em um contexto colaborativo de trabalho entre professores, que pode permitir potencializar o desenvolvimento de boas práticas de investigação e de cooperação. O desenvolvimento conjunto de recursos para a aula do professor, de qualquer nível, é uma forma de otimizar os conhecimentos e habilidades dos profissionais de pesquisa e do ensino.

Por meio de estudos teóricos e empíricos é possível criar atividades, necessárias e apropriadas ao ensino dos diferentes níveis de educação e espera-se que esses estudos tragam uma contribuição ao professor, tanto do ponto de vista conceitual

quanto do ponto de vista de sua prática e, aos pesquisadores de educação matemática, o ponto de vista da relação entre teoria e prática.

A escolha do GeoGebra se deve ao fato de ser uma ferramenta utilizada por uma ampla comunidade internacional de professores e as suas aplicações, em múltiplos contextos educativos, têm sido objeto de inúmeros estudos focando-se na aprendizagem dos estudantes da escola básica ao ensino superior. O uso do *software* torna-se um diferencial importante, visto que o professor dispenderá um esforço a mais para implementar tais recursos e para criar formas que facilitem a compreensão dos esquemas gráficos, das fórmulas e dos exemplos que o professor costuma oferecer em suas explicações no dia a dia.

1 Referencial teórico-metodológico

O quadro teórico no qual esta pesquisa se insere é a Abordagem Documental do Didático (ADD). Esta abordagem, introduzida na França há mais de uma década (GUEUDET; TROUCHE, 2009), tem se desenvolvido em nível internacional, como evidenciou o colóquio internacional que aconteceu em Lyon em 2018 (GITIRANA et al., 2018; TROUCHE; GUEUDET; PEPIN, 2019).

Segundo Trouche, Gueudet e Pepin (2018) no campo do uso da tecnologia, a base central da ADD foi a abordagem instrumental proposta por Rabardel (1995) que propõe uma distinção entre artefato e instrumento. Segundo o autor um artefato é um meio cultural e social fornecido pela atividade humana, oferecido para mediar outra atividade humana. Já um instrumento provém de um processo, chamado gênese instrumental, ao longo do qual o sujeito constrói um esquema de utilização do artefato, para uma determinada classe de situações. Um esquema, como definiu Vergnaud (1998) a partir de Piaget, é uma organização invariante de atividade para uma determinada classe de situações, compreendendo regras particulares de ação, e estruturada por invariantes operacionais, que consistem em conhecimento implícito construído através de diversos contextos de utilização do artefato.

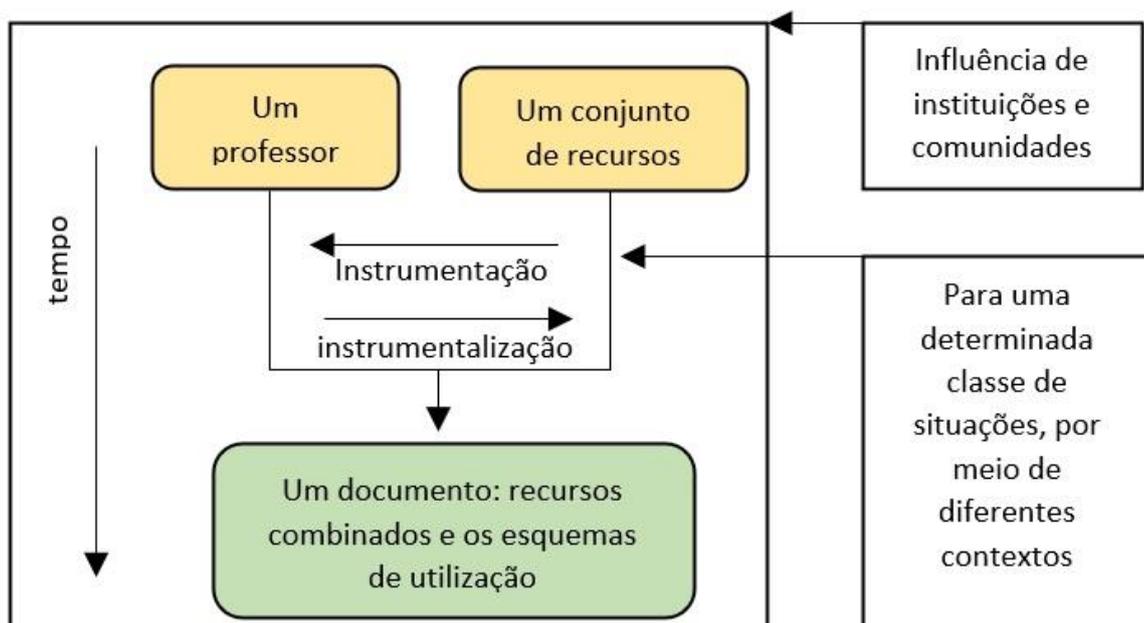
Sobre o conceito de esquema, Bellemain e Trouche (2019) consideram que:

Um esquema é definido por Vergnaud (2009) como uma entidade composta por quatro componentes: objetivos, regras de ação, tomada de informação e controle, invariantes operatórios e inferências em situação. Os invariantes operatórios são os componentes epistêmicos dos esquemas, compostos por conhecimentos, muitas vezes implícitos, que resultam da atividade e, ao

mesmo tempo, orientam a ação. Isto significa que o esquema se desenvolve durante a realização repetida de uma determinada tarefa. (BELLEMAIN; TROUCHE, 2019, p. 108)

A gênese instrumental (RABARDEL, 1995) possui dupla natureza pois, por um lado, o sujeito orienta a forma como o artefato é usado e, de certa forma, molda o artefato: esse processo é chamado de instrumentalização. Por outro lado, os rendimentos e restrições do artefato influenciam a atividade do sujeito: esse processo é chamado de instrumentação. Na Figura 1 está representada uma gênese documental inspirada na teoria de Rabardel.

Figura 1 - Representação esquemática de uma gênese documental



Fonte: Adaptado de Gueudet e Trouche (2015, p. 8).

O termo ‘recurso’, segundo Gueudet e Trouche, (2015), é utilizado de modo a enfatizar a variedade dos artefatos que podemos considerar. O professor em seu cotidiano docente em sala de aula deve estar alinhado com o currículo e a metodologia de ensino da escola e, no desenvolvimento de suas atividades, utiliza inúmeros recursos que podem ser livros didáticos, *softwares*, materiais concretos, pesquisa na internet, instrumentos de medida, uma folha de um estudante, uma discussão com um colega, dentre outros.

Ainda segundo os autores, um recurso nunca é isolado e pertence a um conjunto de recursos, no qual o professor se baseia para seu trabalho de documentação. Um processo de gênese, por meio desses recursos, ocorre obtendo o que chamamos de

documento. O professor constrói esquemas de utilização de um conjunto de recursos, para a mesma classe de situações, em diversos contextos e a gênese documental de um documento pode ser expressa, de uma maneira elementar, como “recursos e seus esquema de utilização”.

Um documento envolve, em particular, invariantes operacionais, que consistem em conhecimento implícito construído através de diversos contextos de utilização do artefato, podendo ser inferido a partir da observação de comportamentos invariantes do professor para a mesma classe de situações em diferentes contextos (GUEUDET; TROUCHE, 2009).

Segundo Gueudet e Trouche, (2015), o processo de instrumentalização conceitua a apropriação e a remodelação de recursos dos professores, e o processo de instrumentação capta a influência, na atividade do professor, dos recursos a que recorre.

Neste tipo de pesquisa, segundo Trouche, Gueudet e Pepin (2018) o envolvimento ativo do professor é uma necessidade prática, pois é ele quem tem acesso ao seu trabalho de documentação (além da observação direta do pesquisador). O professor é levado a produzir uma postura reflexiva e a uma atitude introspectiva, analisando constantemente seu sistema de recursos.

2 Procedimentos Metodológicos

Nesta pesquisa foi utilizado o aporte metodológico de caráter qualitativo e, para a coleta de dados, utilizamos os pressupostos metodológicos referenciados na teoria da Abordagem Documental do Didático.

A primeira etapa da pesquisa foi também uma das dificuldades iniciais para compor uma equipe de professores disposta a participar da proposta. Neste período estávamos no início da pandemia da COVID-19, as escolas estavam fechadas e os professores se viram obrigados a se instrumentalizar com meios possíveis para se criar um canal de comunicação com seus alunos que evitasse o contato presencial. As escolas esperavam as instruções que seriam enviadas pelas Secretarias de Ensino e foi necessária uma adaptação em tempo recorde a um novo modo de ensinar.

Neste contexto, foi iniciado o projeto em julho de 2020 em uma escola pública do

Estado de São Paulo com seis professores voluntários participantes e que autorizaram o registro dos dados obtidos nos encontros para o desenvolvimento da pesquisa. Foram realizados sete encontros com todos os participantes do projeto e outros sete encontros apenas com três professores, sempre por meio da plataforma *Teams*. A diminuição do número de participantes se deu devido ao fato de que a escola, no ano letivo de 2021, se tornou uma escola de tempo integral e, então, três participantes alegaram estarem sobrecarregados com as novas demandas da escola integral e deixaram de participar da formação.

As reuniões ocorreram, em intervalos de duas a três semanas, com todos os participantes, em formato remoto tendo em média duração de 1h20min. Cada reunião é uma incubação, um momento em que se discutia sobre o que se entendeu, o que estava complicado ou difícil, refletia-se sobre os recursos a serem criados e buscava-se subsídios teóricos para tal. As reuniões foram gravadas e ficaram disponíveis para consulta posterior.

Nos intervalos das reuniões com as proponentes da formação, ocorreram encontros, também de forma remota no *Teams*, entre os professores, utilizando parte das horas de atividades pedagógicas complementares (ATPC) semanais. Um dos participantes se prontificou a registrar as reuniões, com a permissão de todos, para a obtenção dos dados.

As reuniões se estenderam até maio de 2021, quando um dos professores alegou não poder mais participar, pois havia assumido muitas tarefas e naquele momento não conseguiria prosseguir na formação. Diante dessa situação as pesquisadoras encerraram as reuniões, mas, no entanto, mantiveram contato com os professores por meio de um grupo no *WhatsApp*, criado para facilitar a comunicação e, também, para troca de materiais relevantes para o trabalho durante a formação.

As pesquisadoras mantiveram contato com os professores, pois foram coletados dados em entrevistas online, gravadas com autorização de todos os participantes, por meio da plataforma *Zoom*.

Um dos professores chegou a utilizar o documento criado durante a formação continuada em suas aulas remotas, realizadas no *Google Meet*, gravadas e disponibilizadas pelo professor às pesquisadoras, dado que, não era autorizada a participação delas para observação das aulas de forma síncrona.

Para este artigo, analisou-se o caso de um dos professores participantes da formação, observamos seu sistema de recurso, analisando alguns recursos considerados centrais, com o objetivo de procurar identificar os invariantes operacionais relacionados e levando-se em conta seu conhecimento e crenças.

3 Sistema de recursos: o caso do professor de Química

Nessa seção será analisado o sistema de recursos de um dos professores participantes da formação continuada, denominado “professor de Química”. Esse professor tem licenciatura e bacharelado em Química, possui 17 anos de experiência, é servidor efetivo na rede pública do Estado de São Paulo, onde atua desde o início da carreira, e ministra as disciplinas de Química, Física e Matemática.

Durante a formação continuada os professores ficaram livres para a escolha do GeoGebra como um dos recursos que seria utilizado. O professor optou por um conteúdo da disciplina de Química, por sua formação, o que lhe conferia um maior domínio de conteúdo dessa disciplina em relação às demais que ministra.

O tema escolhido pelo professor, para o terceiro ano do Ensino Médio, foi “A atmosfera pode ser considerada uma fonte de materiais úteis para o ser humano?”. De acordo com o Currículo Paulista: Etapa Ensino Médio (2020) esse conteúdo trabalha a habilidade de interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações (SÃO PAULO, 2020).

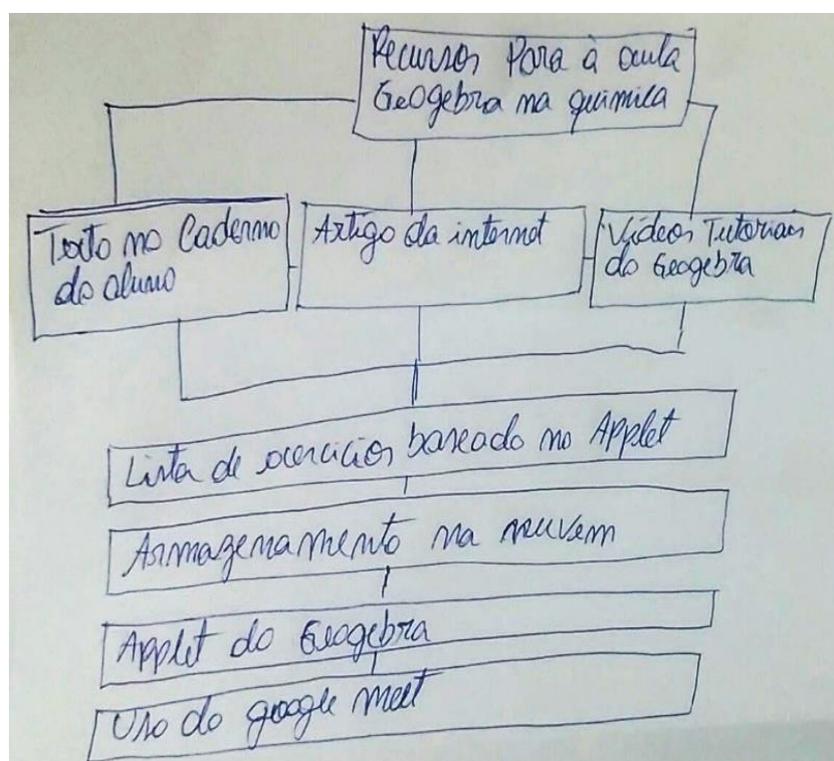
O professor previu que este conteúdo seria trabalhado em duas aulas remotas, tendo como ferramenta de interação a plataforma *Google Meet*. Na metodologia da aula compartilharia um texto na nuvem e no *Google Classroom* para os alunos, para a leitura junto com o professor e iriam utilizar o *Applet* do GeoGebra para responder as questões propostas.

Para a classe de situações sobre a “composição do ar atmosférico”, o professor de Química se baseia em um conjunto de recursos que compreendem, dentre outros,

livros didáticos, tabelas, texto de um site³, apostila do aluno e *Applet* do GeoGebra.

Na Figura 2 podemos observar o sistema de recursos representado pelo professor a pedido das pesquisadoras. Previamente foi mostrado ao professor dois exemplos de representação de sistemas de recursos, houve uma discussão sobre o que poderia ser considerado um recurso e foi permitido à sua escolha como iria representar, se digitalmente ou por manuscrito e, também, como faria as correspondências entre os recursos.

Figura 2 - Representação esquemática do sistema de recursos utilizado



Fonte: Autoria do professor de Química.

Apesar de não ter sido explicitado pelo professor, em sua representação do sistema de recursos, seguir as diretrizes do Currículo Paulista: Etapa Ensino Médio (2020), ele demonstrou uma certa preocupação, pois considera este texto como um recurso importante e se enquadra suas escolhas, em um processo de instrumentação.

Para o tema da aula, o professor escolheu um texto bastante atual relacionado ao processo de obtenção do oxigênio hospitalar, pois a demanda por oxigênio aumentou

³ <https://revistaanalytica.com.br/saiba-como-e-produzido-o-oxigenio-hospitalar/>. Conteúdo publicado em 18/02/2021.

drasticamente em 2020 devido aos altos números de pacientes com baixo nível de saturação decorrente da COVID-19. Na época da preparação da aula a falta do produto no Estado do Amazonas instalou uma crise no sistema de saúde estadual e este assunto era presença constante no noticiário. Podemos dizer que este é um processo de instrumentalização, seus conhecimentos e crenças orientam a escolha dos recursos e impulsionam a ação do professor. Consideramos que ele desenvolveu um invariante operacional como “os alunos se interessam por assuntos atuais que estão em destaque na mídia”.

Para o desenvolvimento da aula o professor apresenta uma tabela com os gases presentes na nossa atmosfera (Tabela 1). Consideramos este, também, um processo de instrumentalização, ligado ao invariante operatório “a apresentação em formas de tabela expõe os dados de modo fácil e deixe a leitura mais rápida”.

Tabela 1 - Composição média do ar seco

Composição do ar atmosférico seco e propriedades de seus constituintes á pressão de 1 atm			
Componentes	Volume (%)	Temperatura de ebulição (°C)	Temperatura de fusão (°C)
Nitrogênio	78,08	-196	-210
Oxigênio	20,95	-183	-219
Argônio	0,934	-186	-189
Neônio	0,001818	-246	-249
Hélio	0,0005239	-269	-272 ¹
Hidrogênio	0,00005	-253	-259
Xenônio	0,0000086	-107	-112
Criptônio	0,0001139	-153	-157

Fonte: Adaptado de Peixoto e Lamas (1998, p. 55).

A tabela traz informações sobre temperatura de fusão e ebulição de cada um dos componentes do ar atmosférico e serviu de base para a construção do recurso central de seu sistema de recursos, um *Applet* desenvolvido no GeoGebra.

Para o professor o GeoGebra era um artefato, pois nunca o havia utilizado. No processo de instrumentação que ocorreu durante a formação continuada, uma das pesquisadoras, buscando motivar os participantes, em várias incubações compartilhou sua tela para explorar o *software*. Apresentando algumas de suas funcionalidades com relação ao ensino remoto, mostrou a possibilidade de um aluno, mesmo não tendo o programa instalado, solicitar o controle e manipular o GeoGebra no *Teams*, na tela compartilhada pelo professor.

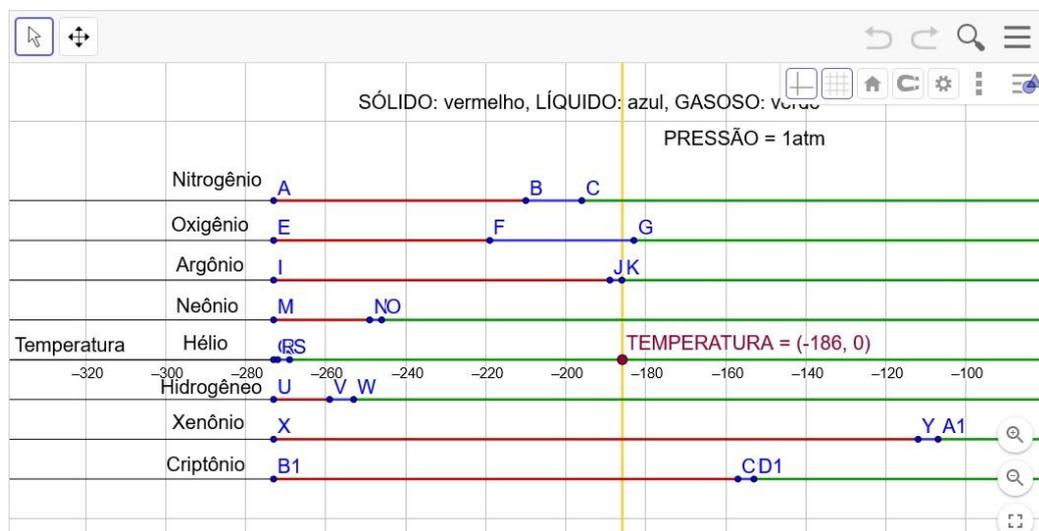
Por meio do WhatsApp, as pesquisadoras enviaram um endereço na Internet no qual é possível baixar o *software* e ter acesso a inúmeros materiais e indicaram, também, um vídeo sobre os passos iniciais de sua utilização.

Durante uma das incubações o professor de Química comenta que explorou o GeoGebra e que utiliza um outro *software* de simulação, o PHET colorado, para o ensino de Química e Física, observando o que poderia ser feito na mesma linha. Podemos constatar que aqui foi iniciado um processo de instrumentalização, possível de identificar na fala do professor: *Não sou um expert em tecnologia, mas na hora que o negócio pega eu me viro, eu vou atrás, pesquiso, vou atrás de alguém que sabe, no Youtube tem muito suporte técnico né, e acho que quando você começa a mexer, você vai aprendendo, o próprio material vai te ensinando.*

Procuramos identificar que os processos associados de instrumentação e instrumentalização e, no entanto, é preciso evidenciar que ambos os processos estão fortemente interligados podendo ocorrer simultaneamente.

Após inúmeras discussões com as pesquisadoras e os demais professores participantes da formação foi construído um *Applet* que atendesse ao que o professor havia idealizado para seu documento (Figura 3).

Figura 3 - Applet desenvolvido no GeoGebra



Fonte: Screenshot do applet construído.

Por meio do *Applet* é possível identificar, a uma determinada temperatura, o estado físico dos componentes do ar atmosférico, sólido, líquido ou gasoso.

O professor elaborou questões que poderiam ser respondidas com o auxílio desse recurso, compartilhado por meio do *Classroom* com os alunos. Nessa atividade observamos o desenvolvimento de dois invariantes operatórios, “permitir que o aluno manipule o *Applet* gera maior interesse e participação” e “manipular o *Applet* e prestar atenção ao professor ao mesmo tempo seria mais proveitoso se o aluno

pudesse ter uma divisão de tela”. O professor comentou que a maior parte dos alunos assistem a aula pelo celular, no qual é necessário a troca de tela para acompanhar suas explicações e utilizar o *Applet* ao mesmo tempo.

O *Applet* construído durante o projeto, segundo relato do professor, o auxiliou muito, pois antes escrevia todas as representações na lousa e o uso do GeoGebra trouxe dinamismo para o entendimento do conteúdo, e declarou, ainda, que *com o Applet e a diferença de cores fica mais fácil identificar os estados físicos dos elementos*. Em sua entrevista disse que pretende continuar usando-o, mesmo após o retorno das aulas presenciais, afirmando que: *“a pandemia tem os ônus, mas tem os bônus, vai facilitar muita coisa depois que acabar a pandemia, tem muita coisa que vai ajudar”*.

Considerações Finais

O desafio desta pesquisa, ao realizar uma formação continuada durante a pandemia, foi principalmente de acompanhar e auxiliar os professores, de forma remota, na escolha de seus recursos. Embora o GeoGebra fosse o recurso central os professores, além de adaptar ou criar um recurso nesse *software*, fizeram escolhas de recursos complementares, tudo isso, em meio a um contexto de escolas fechadas e uma adaptação de todo um sistema de ensino, que procurava a melhor forma de continuar o atendimento aos alunos.

Junto aos recursos que o professor recorria para sua prática remota, estava ocorrendo uma instrumentação com relação às plataformas digitais usadas para a continuidade dessa prática e uma preocupação em adequar seus recursos para aulas remotas, exigindo uma mudança de postura dos professores.

A Abordagem Documental do Didático indica o trabalho documental como central na atividade docente e a construção do documento do professor como componente de uma gênese profissional complexa. Na ADD o objetivo não é apenas propor uma análise didática dos documentos do professor, mas considerá-los centrais nos fenômenos didáticos e, de modo particular, no desenvolvimento profissional contínuo dos professores.

Agradecimentos

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa cedida.

Referências

- 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.
- GITIRANA, V.; MIYAKAWA, T.; RAFALSKA, M.; SOURY-LAVERGNE, S.; TROUCHE, L. (Eds.) **Proceedings of the Re(s)ources 2018 International Conference**. ENS de Lyon, 2018. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01764563v3/document>.
- GUEUDET, G., TROUCHE, L. Towards new documentation systems for mathematics teachers? **Educational Studies in Mathematics**, v. 71, n. 3, p. 199-218, 2009.
- GUEUDET, G.; TROUCHE, L. Do trabalho documental dos professores: gêneses, coletivos, comunidades: o caso da Matemática. **Em teia**, v. 6, n. 3, 2015. Tradução de Katiane de Moraes. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/2243>>. Acesso em: Jul. 2020.
- PEIXOTO, H. R. C.; LAMAS, M. F. P. **Interações e transformações III: Química – Ensino Médio: a Química e a sobrevivência: atmosfera, fonte de materiais**. GEPEQ – Grupo de Pesquisa em Educação Química (Org.) São Paulo: Edusp, 1998.
- RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains**. Paris: Armand Colin, 1995. (English version at http://ergoserv.psy.univparis8.fr/Site/default.asp?Act_group=1).
- SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. União dos Dirigentes Municipais de Educação do Estado de São Paulo. **Currículo Paulista: Etapa Ensino Médio**. São Paulo: SEE-SP/UNDIME-SP, 2020.
- TROUCHE, L., GUEUDET, G., PEPIN, B. The Documentational approach to didactics. In: LERMAN, S. (Ed.), **Encyclopedia of Mathematics Education**. Online first, N.Y.: Springer, 2018.
- TROUCHE, L.; GUEUDET, G.; PEPIN, B. (Eds.). **The 'resource' approach to Mathematics Education**. Springer Series Advances in Mathematics Education. Cham: Springer. 2019.
- VERGNAUD, G. Toward a cognitive theory of practice. In SIERPINSKA, A.; KILPATRICK, J. (Eds.), **Mathematics education as a research domain: a search for identity**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1998, p. 227-241.