

Percepções sobre o desenvolvimento de uma engenharia didática no ensino remoto

Perceptions about a development of a didactical engineering in remote teaching

*Ludiér Mariano Rosa*¹

*Marilena Bittar*²

RESUMO

Neste artigo apresentamos algumas reflexões de uma pesquisa de mestrado que teve início em março de 2020, poucos dias antes de a pandemia de COVID-19 ser deflagrada e de o ensino presencial ser suspenso em todo país. A pesquisa que tinha como foco a introdução dos números inteiros relativos utilizando a teoria das situações didáticas, por via de uma engenharia didática no ambiente da sala de aula, precisou ser desenvolvida no ensino remoto. Neste texto discorreremos sobre o desafio de desenvolver uma engenharia didática, para a qual a mediação do professor é fator crucial, no ambiente remoto e apresentamos as principais mudanças realizadas. Como resultados, essas mudanças apontaram para reflexões sobre engenharias didáticas em ambientes diferentes do presencial, e também para alguns questionamentos sobre as teorias utilizadas; além de evidenciar a necessidade de olhar para fatores externos à sala de aula que influenciam sobre o ensino e a aprendizagem dos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia Didática. Ensino Remoto. Meio. Papel do Professor.

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS. Licenciado em Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestre em Educação Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Professor Substituto do Curso de Matemática da UFMS, Campus de Aquidauana - UFMS/CPAQ. Membro do DDMat - Grupo de Estudos em Didática da Matemática. E-mail: ludiermariano10@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6890-7176>

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS. Pesquisadora produtividade do CNPq. Professora sênior do Instituto de Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Licenciada em Matemática pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestre em Matemática pela Universidade de Brasília. Doutora em Didática da Matemática pela Universidade Joseph Fourier/França. Pós-doutora pela Universidade Grenoble Alpes. Líder do DDMat - Grupo de Estudos em Didática da Matemática. E-mail marilenabittar@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9989-7871>



In this article, we present some reflections of a master's research that began in March 2020, a few days before the outbreak of the COVID-19 pandemic and face-to-face teaching being suspended across the country. The research that focused on the introduction of relative integers using the theory of didactical situations, through a didactical engineering in the classroom environment, needed to be developed in remote teaching. In this text we discuss the challenge of developing a didactical engineering, for which the teacher's mediation is a crucial factor, in the remote environment and we present the main changes made. As a result, these changes pointed to reflections on didactical engineering in environments other than face-to-face, and also to some questions about the theories used; in addition they evidenced the need to look at factors external to the classroom that influence teaching and students learning.

KEYWORDS: Didactical Engineering. Remote Teaching. Medium. Teacher's Role.

Introdução

Neste artigo, recorte da pesquisa de mestrado do primeiro autor orientada pela segunda autora, temos como objetivo discutir algumas percepções a respeito de uma Engenharia Didática (ED) (Artigue, 1988) desenvolvida no ensino remoto, o que representa uma inovação relativa a esta metodologia, como discutiremos neste texto. A engenharia que será discutida aqui foi, inicialmente, elaborada para ser desenvolvida no ensino presencial no primeiro semestre do ano de 2021. Porém, devido ao agravamento da pandemia de COVID-19 no Brasil, foi necessário fazer algumas mudanças relativas ao que estava sendo proposto: como pensar situações para serem vividas como adidáticas (Brousseau, 1986) em um ambiente remoto, sem a mediação direta do professor? Tais mudanças precisaram ser feitas, pois o modelo de ensino que existia naquele contexto, momento da realização da pesquisa, não era o presencial. Mais do que isso, a maioria dos estudantes não tinha acesso fácil à internet, dificultando a mediação do professor, pois raramente poderiam existir momentos síncronos. Assim, uma questão central passou a fazer parte da pesquisa: seria possível desenvolver uma engenharia didática no ambiente remoto? Como fazer isso?

Para melhor compreensão das mudanças que se fizeram necessárias e das dificuldades encontradas, é preciso ter clara a proposta inicial, tanto do ponto de vista teórico quanto metodológico e é sobre isso que discorreremos na próxima seção.

Sobre a pesquisa a ser desenvolvida no ambiente presencial

O objetivo da nossa pesquisa de mestrado era pensar em uma proposta didática para o ensino de conceitos iniciais dos números inteiros relativos, levando em consideração dificuldades de aprendizagem dos alunos identificadas em pesquisas já realizadas. Tratava-se, portanto, de uma proposta didática alternativa ao que é

usualmente proposto. A ideia era aplicar uma sequência didática em uma turma de 7^o ano do ensino fundamental levando em consideração as dificuldades identificadas relativas ao objeto matemático em questão. Para as reflexões sobre a elaboração dessas atividades da sequência didática incorporaríamos estudos realizados por Gonçalves (2016) sobre o ensino e aprendizagem deste conjunto, que investigou distanciamentos e aproximações dos números inteiros relativos e suas propostas de ensino para as operações de adição e subtração³.

Para elaboração dessa proposta didática vimos a engenharia didática como uma ferramenta metodológica adequada, aliada à teoria das situações didáticas, para pensar em situações que favorecessem a aprendizagem dos alunos. Como geralmente ocorrem as engenharias, esta seria desenvolvida de forma presencial – em sala de aula – com os alunos. No desenvolvimento de qualquer pesquisa sempre há mudanças que ocorrem devido a fatores diversos, entretanto, no caso da nossa investigação houve mudanças substanciais relativas, sobretudo, à metodologia da engenharia didática. A fase da realização da sequência didática com os estudantes ocorreu exatamente quando a pandemia do coronavírus ainda estava se alastrando pelo mundo todo, inclusive no Brasil, e, conseqüentemente, as escolas continuavam fechadas e o ensino era feito no modelo de ensino remoto.

No início de 2020, período que começamos esta pesquisa, não sabíamos que a pandemia tomaria as proporções catastróficas que hoje conhecemos; imaginávamos – ou desejávamos – que logo a situação seria resolvida e seguimos trabalhando em nossa pesquisa, realizando os estudos e desenvolvendo as etapas iniciais da engenharia didática a ser executada. Acreditávamos que logo seria possível voltar ao “normal” e que a experimentação ocorreria como planejado, presencialmente, afinal ela estava planejada para ser realizada no primeiro semestre de 2021, ou seja, um ano após o início da pandemia! Infelizmente, o que ocorreu não foi o que se imaginava. A pandemia persistiu em nosso país e, conseqüentemente, o contexto do ensino remoto permaneceu. Dessa forma, nossa pesquisa precisou sofrer algumas mudanças para se adequar a essa nova realidade. Era fundamental enfrentar o *problema* e tentar compreender como trabalhar neste novo contexto. Assim, nossa

³ Neste texto não discorreremos sobre as dificuldades relativas ao conjunto dos inteiros relativos, nem sobre a sequência didática propriamente dita, uma vez que nosso objetivo é refletir sobre a metodologia da engenharia didática no ambiente remoto. Ao leitor interessado indicamos a leitura de (ROSA, 2022).

pesquisa passou a ter por principal objetivo compreender a estruturação do *meio*⁴ no desenvolvimento de uma engenharia didática realizada na modalidade do ensino remoto. Referimo-nos ao *meio* na perspectiva da teoria das situações didáticas (TSD). Discutiremos então sobre a engenharia didática e a teoria das situações didáticas, para justificar as escolhas feitas em nossa pesquisa diante do vivenciado.

Teoria das situações didáticas e Engenharia didática

A teoria das situações didáticas (TSD), desenvolvida por Guy Brousseau (1986), aborda as relações estabelecidas entre professor, aluno e saber, além de um *meio* constituído visando a aprendizagem do estudante. Para este autor, o aluno deve ter papel ativo em sua aprendizagem e o professor deve mediar a relação entre o aluno e o saber. Adotamos esta teoria como referencial teórico para a elaboração das situações, pois acreditamos que ela ajuda a compreender as relações estabelecidas entre professor e alunos, e as possíveis relações destes com o objeto matemático da pesquisa.

A TSD compreende o sistema didático como sendo constituído pela quádrupla professor, estudante, saber e *meio*. Brousseau define uma situação didática como

Um conjunto de relações estabelecidas explícita e/ou implicitamente entre um aluno ou um grupo de alunos, num determinado *meio* (compreendendo eventualmente instrumentos ou objetos) e um sistema educacional (o professor) para fins de apropriação desses alunos de um saber constituído ou em vias de constituição (Brousseau, 1982, p.39, tradução nossa, grifo nosso).

O estudo das relações estabelecidas entre os parceiros da relação didática é de extrema importância para a compreensão dos fenômenos de aprendizagem de um novo saber. Dentre as situações didáticas um tipo é definido e destacado por Brousseau (2008) como essencial para favorecer a aprendizagem do estudante: trata-se da situação adidática.

[...] Do momento em que o aluno aceita o problema como seu até aquele em que se produz a resposta, o professor se recusa a intervir como fornecedor dos conhecimentos que quer ver surgir. O aluno sabe que o problema foi escolhido para fazer com que ele adquira um conhecimento novo, mas precisa saber, também, que esse conhecimento é inteiramente justificado pela lógica interna da situação e que pode prescindir das razões didáticas para construí-lo. Não só pode como deve, pois não terá adquirido, de fato, esse saber até que o consiga usar fora do contexto de ensino e sem nenhuma indicação

⁴ Por ser um conceito teórico central no quadro teórico mobilizado em nossa pesquisa, optamos por grafá-lo sempre em itálico para chamar a atenção sobre o conceito e a diferença com seu significado no senso comum.

intencional. Tal situação denomina-se *adidática*. (Brousseau, 2008, p.35, grifo do autor).

Em outras palavras, essas situações podem ser entendidas como aquelas propostas ao aluno com uma intenção didática para se chegar a um determinado saber; tratam-se de atividades preparadas estrategicamente visando provocar, no aluno, o interesse em aceitar o problema proposto e então tentar resolvê-lo. A partir do momento em que o aluno aceita a responsabilidade para resolução de um problema, ou seja, aceita o problema como sendo seu, ocorre o que Brousseau denomina de devolução. A partir de então o aluno passa a trabalhar de forma independente do professor no que diz respeito ao saber e o professor atua como mediador da situação, colocando questões, provocando reflexões de modo a favorecer que o aluno permaneça na situação adidática, pois ele é responsável por manter o aluno no jogo. Não se trata de indicar passos a serem seguidos ou de dar respostas aos estudantes. Nesse tipo de situação o aluno é ativo e constrói o saber a partir de suas conjecturas, tentativas, inferências e da interação com seus colegas. A situação adidática é um tipo de situação didática e nela ocorrem as situações de ação, formulação e validação.

Na situação de ação o aluno começa a tentar resolver a atividade proposta, sem muita pretensão de compreender ou justificar o que está por trás do objetivo da própria atividade, ou seja, ele interage com o *meio* pré-estabelecido pelo professor. Atua com seus conhecimentos prévios que, para ele, podem satisfazer o que é solicitado na atividade ou situação apresentada, embora não sejam os únicos e verdadeiros, mas não se preocupa em formulá-los.

Na situação de formulação o aluno utiliza “alguns modelos ou esquemas teóricos explícitos além de mostrar um evidente trabalho com informações teóricas de uma forma bem mais elaborada [...]” (Freitas, 2010, p.96). Aqui o aluno pode ou não se preocupar com uma linguagem formal; caso não se preocupe, ainda assim o aluno tenta formular uma resolução para o problema proposto. Nesta situação ele interage com outros colegas da classe, para comparar suas conjecturas e reafirmá-las ou descartá-las.

A situação de validação é aquela na qual o aluno busca verificar a validade de suas conjecturas, passando a utilizar escritos menos informais, apoiado em elementos teóricos. A validação pode ter um caráter de demonstração sendo mais, ou menos, formal de acordo com o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno.

Após essas situações adidáticas de aprendizagem, nas quais o aluno interagiu com o *meio*, pensou, fez conjecturas, elaborou algumas estratégias e o professor fez a mediação durante todo este processo, surge a necessidade de outro momento, este agora, sob a responsabilidade do professor no que se refere ao conhecimento em tela. As produções feitas pelos alunos, as reflexões realizadas, devem ser retomadas e neste momento o professor vai dar status de saber ao conhecimento trabalhado pelos estudantes. Esta fase, denominada institucionalização, pode ser entendida como aquela em que o professor “passa a limpo” o que foi discutido com objetivo de deixar transparentes os conhecimentos que farão parte dos saberes daquela classe.

No desenvolvimento dessas situações, professor e aluno desempenham papéis importantes para que a aprendizagem ocorra. Mas para que essas situações ocorram em sala de aula, é necessário que o professor proponha atividades que despertem o interesse do aluno e que faça com que ele entre no “jogo”, ou seja, que ocorra a devolução. Além disso, “O professor deve conseguir que o aluno resolva os problemas que ele lhe apresenta, a fim de constatar e de poder levá-lo a constatar que cumpriu sua tarefa.” (Brousseau, 1986, p.66). Isto é, o professor deve propor situações que sejam desafiadoras e que, ao mesmo tempo, o aluno tenha condições de começar a trabalhar com elas, sendo que o saber em jogo – ainda desconhecido pelo aluno – deve ser a ferramenta necessária para a resolução da situação proposta.

Diante das dificuldades de estudantes relacionadas aos números inteiros relativos, constatadas em pesquisas como, Ferreira (2018), Passoni (2002), Santos (2016), entre outras, decidimos elaborar atividades que pudessem ser disparadoras e que envolvessem os alunos de modo a que assumissem a responsabilidade do saber em tela. Além disso, vimos a engenharia didática (Artigue, 1988) como uma metodologia que coaduna com a proposta teórica da nossa pesquisa. Esta metodologia de pesquisa “caracteriza-se em primeiro lugar por um esquema experimental baseado em realizações *em sala de aula*, isto é, na concepção, na realização, na observação e na análise de sequências de ensino.” (Artigue, 1988, p.285, tradução nossa, grifo nosso).

Esse caráter experimental em sala de aula permite realizar avanços com relação às dificuldades apresentadas pelos alunos e é coerente com os pressupostos teóricos da TSD. Ela oferece ferramentas para o estudo e a elaboração de situações adidáticas.

Um dos pontos de partida para a elaboração de uma engenharia didática pode ser a escolha de um tema para o qual se verifica que a aprendizagem não ocorre como desejado. [...] Trata-se então, de

estudar condições que possam favorecer essa aprendizagem e é justamente para o estudo de condições que podem favorecer a aprendizagem que a engenharia didática aparece como uma ferramenta metodológica adequada. (Bittar, 2017, p.104).

Em nossa pesquisa a motivação para sua realização foi a identificação das dificuldades que alunos têm em relação aos números inteiros relativos, ou seja, o sistema didático relativo ao ensino do conjunto Z não parecia estar em equilíbrio – não de acordo com o que acreditávamos que deveria ser.

A engenharia didática (ED) possui quatro fases: análises prévias, concepção e análise *a priori*, experimentação, e análise *a posteriori* e validação. Embora seja estruturada em quatro etapas, estas não são necessariamente feitas nessa ordem; o pesquisador tem total liberdade para transitar entre as diferentes fases quando julgar necessário, além de realizar confronto contínuo entre as análises *a priori* e *a posteriori* durante todo desenvolvimento da sequência didática, o que difere a ED de outras metodologias de pesquisa que realizam experimentações com sequências didáticas.

A primeira fase da engenharia didática consiste no estudo do objeto matemático em questão, de como seu ensino é, geralmente, realizado. Além disso, nesta fase também é feito o estudo de pesquisas relacionadas aos processos de ensino e de aprendizagem do referido objeto matemático. Este estudo é fundamental para elaborar atividades que levem em consideração dificuldades e concepções dos estudantes relativas ao conceito em tela.

Na segunda fase desta metodologia, com todos os estudos e informações levantadas na fase anterior, o pesquisador elabora uma sequência didática contendo atividades que serão propostas aos alunos em cada sessão e junto a elas as justificativas e seus objetivos, bem como diferentes estratégias de resolução que poderão ser mobilizadas por eles, tanto as que fornecem uma solução correta quanto as que mobilizam alguma ideia incorreta.

Após a elaboração da sequência juntamente com sua análise *a priori*, tem início a experimentação propriamente dita. Esta é a terceira fase e paralelamente a ela, é realizada a quarta fase, a análise *a posteriori*, quando o pesquisador analisa o desenvolvimento das atividades pelos estudantes, comparando com a análise *a priori* (2ª fase). É importante ressaltar que a análise *a posteriori* ocorre ao longo do desenvolvimento da sequência justamente pelo fato de não se tratar de uma sequência fechada, que não pode ser modificada caso necessário, conforme pode ser visto mais adiante neste texto, quando da análise dos dados produzidos.

Caminhar da pesquisa e o contexto pandêmico

Seguindo a intenção inicial da pesquisa, de elaboração de uma proposta para o ensino dos números inteiros relativos, definidos os referenciais teóricos e metodológicos apresentados anteriormente, começamos a trabalhar nos estudos dessas teorias e a desenvolver as fases iniciais da engenharia didática. A ideia era realizar a experimentação no início do ano letivo de 2021; tínhamos esperança de que nesse período tudo estaria de volta ao “normal”.

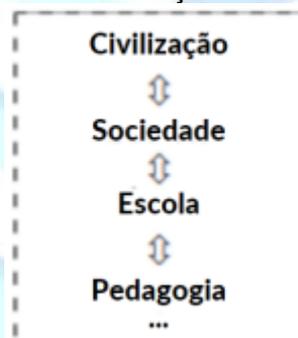
Para as análises prévias realizamos o levantamento de trabalhos já desenvolvidos sobre os números inteiros relativos, analisamos alguns documentos oficiais e, junto aos estudos das teorias escolhidas, elaboramos uma sequência de atividades, dividida em 10 sessões, com aproximadamente 4 atividades cada uma. Na análise *a priori*, apresentamos as atividades e possíveis respostas dos alunos, as escolhas realizadas e buscamos evidenciar o papel do professor, que seria desempenhado pelo pesquisador que mediará as atividades, isto é, suas possíveis falas e encaminhamentos durante a realização das atividades. Foi uma tentativa de explicitar o comportamento dos parceiros da relação didática.

Concluimos a elaboração das atividades no final de 2020, momento em que a pandemia estava descontrolada em nosso país por vários motivos, sendo um deles a omissão do governo com relação às políticas públicas de saúde. Neste momento, as aulas na rede pública de ensino estavam sendo realizadas de forma remota, ou seja, os alunos não estavam indo às escolas. Devido a esse caminhar repleto de incertezas, mudanças repentinas, medos, inseguranças e, principalmente, de muitas adaptações, sobretudo próximo à terceira fase da engenharia didática, já no início do ano de 2021, percebemos que o ensino remoto, adotado por grande parte das escolas de nosso estado, ainda continuaria a ser realidade ao menos no 1º semestre de 2021, o que impediria a aplicação da nossa sequência de forma presencial com os alunos.

Foi um momento desafiador, pois sabíamos que nossas atividades tinham um caráter disparador para as discussões entre os alunos, e o professor tinha papel fundamental de mediar a realização das atividades em sala de aula. Além disso, o caráter experimental de realizações em sala de aula, característica da engenharia didática, ficaria comprometido. Diante disso, não poderíamos simplesmente fechar os nossos olhos para tudo o que estava acontecendo e aplicar, no ensino remoto, a sequência da forma como pensada inicialmente para o ensino presencial: precisávamos enfrentar o *problema* e fazer algumas modificações buscando viabilizar sua realização.

As consequências da pandemia passaram a influenciar a forma como o ensino estava ocorrendo, e fatores externos à sala de aula começaram a pesar sobre os processos de ensino e de aprendizagem. Não poderíamos olhar apenas para as situações do ponto de vista epistemológico do conjunto dos números inteiros relativos e não considerar o que o mundo todo estava vivenciando: uma pandemia. Percebemos então que era preciso dar atenção especial a esta nova variável que surgiu no cenário; uma variável que influenciava diretamente o fazer docente e a aprendizagem dos alunos. Era preciso estudar os fatores externos à sala de aula que agiam, de uma forma ou de outra, sobre os processos de ensino e de aprendizagem, e foi então que decidimos analisar estes fatores à luz dos níveis de codeterminação didática (Chevallard, 2002). Esta ferramenta teórica e metodológica, introduzida por Chevallard (2002), permite compreender alguns dos fatores que influenciam na difusão dos saberes. Este autor apresenta uma escala composta de níveis superiores e inferiores de codeterminação didática. Para análise de algumas situações que surgiram em nossa pesquisa, utilizamos apenas os níveis superiores desta escala, apresentados na figura 1.

Figura 1 – Escala de codeterminação didática - Níveis Superiores



Fonte: Chevallard, 2007, p.32

“Os níveis mais altos da escala correspondem às condições e restrições relacionadas à forma geral de organização dos processos de ensino e aprendizagem.” (Casabó, 2018, p.4035). Cada um desses níveis comporta, então, elementos que podem contribuir para a existência de condições e restrições oriundas de diferentes instituições⁵ e que pesam sobre o que pode ou não ocorrer em sala de aula.

Se queremos compreender as razões de algumas das coisas que acontecem em sala de aula, muitas vezes é preciso olhar para fora dela, principalmente no

⁵ Uma instituição é um agrupamento social legitimado; pode ser uma família, um jogo ou uma cerimônia – o que não é uma instituição é um mero agrupamento temporário por razões práticas. (DOUGLAS, 1998).

contexto que estávamos vivenciando. “As condições que um professor pode criar em sua sala e as restrições que delimitam sua ação não podem ser compreendidas se não olharmos para o que está além da sala de aula, que passam por aquelas instituições que a negligenciam e estão em constante interação com ela.” (Bosch, 2010, p.19, tradução nossa). Além disso,

A identificação destes níveis de codeterminação permite, portanto, entender melhor as condições e restrições institucionais sobre os sistemas didáticos e permite aos pesquisadores elaborar infraestruturas matemáticas alternativas, porém viáveis, em uma instituição [...]. (Chaachoua; Bittar, 2018, p.36).

Assim, diante do contexto pandêmico que vivenciamos durante o momento de proposição da pesquisa e que se estendeu até a produção de dados, a mobilização dos níveis de codeterminação didática nos permitiu compreender fatores que tiveram influência em nossas escolhas e nos permitiu pensar em maneiras alternativas para a continuidade da engenharia didática que estava sendo proposta.

Aliadas às questões referentes à pandemia, algumas restrições sobre o contexto da escola em que a pesquisa seria desenvolvida, também influenciaram na realização de mudanças em nossa sequência de atividades. Por exemplo, desenvolveríamos a engenharia didática em uma escola da rede pública estadual de ensino, de uma cidade do interior de Mato Grosso do Sul, que atende uma população carente, conforme consta em seu Projeto Político Pedagógico. No ano de 2020, docentes e direção tentaram trabalhar remotamente com os alunos desta escola em diferentes plataformas, porém sem muito sucesso por uma baixa adesão por parte dos alunos, uma vez que eles não tinham acesso a muitos recursos tecnológicos e/ou conexão de internet.

Considerando as especificidades do público que atende, para dar continuidade em suas atividades, esta escola disponibilizava as atividades impressas das disciplinas para os alunos retirarem, desenvolverem em suas casas e entregarem na escola e/ou enviar via *WhatsApp* para os professores. O *WhatsApp* era um recurso muito utilizado por esta escola, pois era por este aplicativo que grande parte dos alunos conseguia se comunicar com os professores, tirar suas dúvidas e devolver suas atividades. Entretanto, isso ocorria com algumas restrições. Alguns pais ou responsáveis reclamavam do envio de vídeos por professores porque a internet que eles dispunham era exclusiva para o aplicativo em questão, então eles tinham dificuldades em baixar os vídeos enviados pelos professores.

Diante de todas as condições e restrições advindas do contexto pandêmico, relativas à infraestrutura da escola participante da pesquisa, ao acesso à internet dos estudantes, e considerando que a realização da sequência didática precisava da mediação do professor em sala de aula, começamos a refletir sobre modificações na nossa engenharia didática para adaptá-la ao novo contexto e dar continuidade ao seu desenvolvimento. Na próxima seção apresentamos e discutimos as principais modificações planejadas.

Mudanças realizadas e algumas reflexões

Considerando que o professor não estaria em contato presencial com os alunos, uma vez que a experimentação da engenharia didática não poderia ser desenvolvida em sala de aula, que não disporíamos de momentos síncronos com os alunos pela dificuldade de acesso aos recursos tecnológicos, que a sequência de atividades seria disponibilizada impressa para ser retirada pelos alunos na escola e que teríamos contato com eles apenas via *WhatsApp* e ainda sem enviar vídeos, realizamos algumas mudanças na engenharia para a aplicação da nossa sequência de atividades. As principais mudanças foram: agrupamento de sessões, inserção de perguntas mais abertas, inclusão de balões de fala e alguns quadros de retomada e institucionalização ao final das sessões. A seguir discorreremos sobre cada uma destas modificações:

Agrupamento das sessões. A sequência didática foi inicialmente pensada para ser desenvolvida em 10 sessões de uma hora aula cada, entretanto, a direção da escola disponibilizou-nos apenas 8 aulas, o que representou uma restrição, pois não podíamos modificá-la. Foi preciso reduzir o tempo para 8 sessões, agrupando e, conseqüentemente, reorganizando algumas que eram semelhantes.

Inserção de perguntas abertas. Pelo fato de o pesquisador/professor não estar presente em sala de aula interagindo com os alunos e identificando seus comentários e impressões sobre as atividades, em algumas delas inserimos questões pedindo aos estudantes para comentarem a atividade. Essa escolha foi feita por acreditarmos que a inserção de tais questões permitiria, por um lado, ter acesso à parte do pensamento do aluno e, por outro lado, contribuiria com a análise da sequência didática realizada no modo remoto. Apresentamos um exemplo dessa mudança, na figura 2:

Figura 2 – Exemplo de pergunta aberta

Atividade 2: Complete os espaços em branco:

a) $13 + \underline{\quad} = 29$

d) $225 + \underline{\quad} = 357$

b) $42 + \underline{\quad} = 75$

e) $47 + \underline{\quad} = 47$

c) $79 + \underline{\quad} = 103$

f) $8 + \underline{\quad} = 6$

Você teve dificuldade em resolver algum item dessa atividade? Escreva com suas palavras qual foi sua dificuldade.

Fonte: Rosa, 2022, p.90

Inclusão de balões de fala. O papel do professor na condução de uma situação adidática é central: o aluno é responsável pela construção do conhecimento, é ele que age sobre a situação; o professor não dá respostas ou dicas, mas tem o papel fundamental de mediar a situação fazendo com que ocorra a devolução e que o aluno continue na situação. Diante disso, para tentar contornar a ausência dessa interação, analisamos toda a sequência e tentamos identificar os momentos em que, em sala de aula, provavelmente faríamos alguma intervenção. Esta análise foi apoiada nas duas primeiras fases da engenharia didática, as análises prévias e a concepção e análise *a priori* da sequência didática. Assim, ao longo de toda a nova sequência incluímos balões de fala com pequenos textos (semelhantes a *post-it*) com falas que supúnhamos que seriam ditas pelo pesquisador/professor em sala de aula. Esta escolha foi feita visando simular uma conversa com os alunos, utilizando uma linguagem mais familiar a eles. Na figura 3 apresentamos um exemplo do uso de balões de fala:

Figura 3 – Exemplo de balãozinho de fala

Atividade 1: Nathan estava brincando de bater cartões e ao final do jogo ele percebeu que na primeira partida ganhou 6 cartões e na segunda perdeu 9. Responda:

a) Quantos cartões ele teria ao final, se começasse o jogo com 5 cartões?

b) E se ele começasse o jogo com apenas 2 cartões, com quantos terminaria? Você acha que isso seria possível? Explique sua resposta.

c) E se a gente não soubesse quantos cartões ele tinha no início, como podemos representar a quantidade de cartões que Nathan teria ao final do jogo?

Dica: Você pode utilizar qualquer letra do alfabeto para representar um valor desconhecido.



Fonte: Rosa, 2022, p.91

Quadro de retomada/institucionalização. Como não conseguiríamos realizar momentos síncronos com toda a turma via plataformas *on-line*, seria necessário suprir possíveis momentos de institucionalização ou retomada do que foi trabalhado ao longo das sessões. Nesse sentido, ao final de cada sessão inserimos um quadro intitulado “Para concluir...”, no qual eram retomadas as ideias principais apresentadas na sessão, bem como definições ou considerações parciais, como ilustrado na figura 4:

Figura 4 – Exemplo do quadro para concluir

<p>Para concluir...</p> <p>Você observou que em algumas situações matemáticas acima os números naturais, que já conhecemos, não foram suficientes. Como resolver a subtração $5 - 7$? Ou então, como pensar em um número para somar a 8 e obter resultado 6?</p> <p>Por motivos semelhantes a esses, os matemáticos da antiguidade precisaram criar um novo conjunto de números que pudesse responder essas situações de forma adequada. Este conjunto recebe o nome de números inteiros relativos e nós vamos aprender mais sobre ele nas próximas sessões.</p>
--

Fonte: Rosa, 2022, p.92

Sabíamos que essas mudanças não resolveriam todos os problemas que estávamos enfrentando naquele momento, devido às condições e restrições impostas pela pandemia de COVID-19 que repercutia nos diversos níveis da escala de codeterminação, mas acreditávamos que elas poderiam, de certa forma, nos auxiliar na experimentação tentando tornar factível a realização da sequência didática buscando estar “ao lado” do estudante. Como esta foi uma primeira experiência vivida sob tais condições e restrições tão particulares, tínhamos claro que se tratava de uma primeira tentativa que também teria como fruto reflexões sobre o desenvolvimento de engenharias didáticas em outros ambientes, diferentes do presencial.

Feitas essas mudanças, partimos para a aplicação da sequência de atividades que se deu no mesmo modelo que a escola estava trabalhando: disponibilizávamos cada sessão de forma impressa, os estudantes retiravam a apostila, resolviam as atividades em suas casas, entrando em contato conosco para possíveis dúvidas via *WhatsApp*. As 8 sessões foram realizadas dessa maneira, e a análise dos dados produzidos permitiu algumas inferências tanto sobre as dificuldades dos estudantes referentes aos números inteiros relativos, como sobre a metodologia da engenharia didática, objeto de reflexão deste artigo.

Percepções da experimentação

No momento de acompanhamento dos alunos durante a realização das sessões, os alunos da turma de 7º ano, participantes da pesquisa, engajaram-se de diferentes formas com as atividades propostas, pois estavam inseridos em diferentes contextos. Alguns estavam na zona urbana da cidade, outros, com a suspensão de aulas presenciais, foram com a família para fazenda (zona rural), onde o acesso à internet era mais difícil. Além disso, por se tratar de crianças (aproximadamente entre 11 e 12 anos), muitos deles não tinham seu próprio aparelho celular e utilizavam o de seus pais quando retornavam do trabalho. Em outros casos, alguns alunos só tinham acesso a um aparelho celular quando iam para a casa de um familiar que emprestava o aparelho para uso naquele momento.

Dessa maneira, alguns alunos conseguiram retirar as atividades impressas na escola, outros não, pois não estavam na zona urbana da cidade. Porém, embora não retirassem na escola, podiam ter acesso às atividades pelo *WhatsApp*. Outros alunos, por não terem aparelho celular, não tinham acesso às atividades pelo *WhatsApp* nem às orientações para retirá-las na escola. Alguns conseguiam manter uma interação contínua conosco por ter seu próprio aparelho celular, outros interagiam somente quando conseguiam acesso à internet ou celular.

De 35 alunos matriculados nesta turma de 7º ano, 20 retiraram as atividades impressas na escola, 02 não retiraram, mas responderam via *WhatsApp* e 13 não retiraram, nem responderam via *WhatsApp*. Sobre a interação, do total de alunos, 12 entraram em contato conosco, pelo menos uma vez, dos quais 04 mantiveram uma interação maior durante toda a realização da sequência didática.

A primeira aluna tinha seu próprio aparelho celular e realizava as atividades sozinha, mantendo bastante contato conosco durante a realização. O segundo aluno não tinha celular e contava com a ajuda de sua irmã mais velha (já formada no Ensino Médio), que era quem entrava em contato conosco pelo celular. O terceiro aluno não tinha celular e só entrava em contato conosco em semanas alternadas, pois em uma semana ficava na casa de sua mãe e na outra ia para casa de sua avó e utilizava o celular dela. E o quarto aluno, entrou em contato conosco semanas depois do início da sequência de atividades, pois estava na fazenda (zona rural) e só tinha conseguido acesso à internet naquele momento. Este não tinha celular e utilizava o celular de seus pais.

Devido a esses diferentes contextos, percebemos como fatores externos à sala de aula estavam pesando sobre a difusão dos saberes. Por exemplo, o aluno que

entrava em contato conosco em semanas alternadas, realizava mais sessões por dia, pois queria “aproveitar” o momento que tinha o acesso ao celular para tirar suas dúvidas, uma vez que quando retornasse para casa de sua mãe, não teria contato conosco. No caso do aluno que contava com a ajuda de sua irmã, percebemos que ela entrava pouco em contato conosco, e só o fazia quando ela tinha dúvida sobre alguma atividade e não conseguia explicar para seu irmão e, nesse caso, observamos que houve uma alteração no sistema didático pensado inicialmente, pois um novo membro – a irmã do aluno – passa a compor este sistema. Ela também exerceu o papel de mediadora da situação, porém em uma posição diferente da ocupada por nós, pois ela não pensou a situação, mas tinha a tarefa de ajudar o estudante. Isto é, ela não tinha conhecimento dos desequilíbrios que as atividades poderiam causar nos estudantes, que aliados à mediação do professor auxiliaria na construção de seus conhecimentos. Também foi possível perceber que as dificuldades com relação ao conjunto dos números inteiros não são exclusivas no primeiro contato dos alunos com este objeto matemático, como já apontado por Nascimento (2004), alunos de outros níveis de ensino apresentam certas dificuldades com relação a esse conjunto numérico.

Essas duas situações nos levam a refletir sobre sistemas didáticos possíveis, por exemplo, no caso deste aluno que identificamos (poderiam ter outros que não obtivemos essa informação) que realizava as atividades com a ajuda de sua irmã, observamos que é preciso ampliar o modelo de sistema didático do tipo $S(X; Y; Q)$ ⁶, em que X seriam os alunos, Y os professores e Q um programa de estudo. Não se tem mais apenas o professor no papel do sujeito que ajuda X no estudo; Y parece ser composto de mais elementos, ele sofre modificações. Em um dado momento Y é o professor, em outro, é a irmã ou algum membro da família, o que modifica totalmente a relação de X com Q .

Outro ponto que queremos destacar aqui é que essa interação, muitas vezes, não ocorria de forma síncrona. Quando esses alunos entravam em contato com alguma dúvida, respondíamos o mais rápido possível para criar um “diálogo instantâneo” e tentar realizar a devolução (na perspectiva da TSD), mas, nem sempre tínhamos esse retorno instantâneo deles, que respondiam horas, ou até mesmo, dias mais tarde.

⁶ De acordo com Chevallard, a realização concreta do plano fundamental do estudo pressupõe, de fato, primeiro uma questão Q a ser estudada, uma equipe X que estuda Q , uma equipe Y que dirige o estudo de Q para X : no total, um sistema didático $S(X; Y; Q)$. (CHEVALLARD, 2001, p.5, tradução nossa).

Embora estivéssemos enfrentando diversas condições e restrições que nos obrigaram a realizar mudanças em nossa pesquisa e até mesmo buscar um novo referencial para compreender outros fatores além daqueles que estávamos pensando inicialmente, acreditamos que o prosseguimento da ideia inicial da pesquisa, nos permitiu realizar algumas considerações sobre a realização de engenharias didáticas em diferentes ambientes, principalmente sob a ótica da TSD.

Algumas considerações

Com a realização dessa pesquisa, foi possível identificar alguns fatores dificultadores da realização de uma engenharia didática no modelo remoto. Se pensássemos em uma ED em outro ambiente, por exemplo, no ensino à distância, outras condições e restrições apareceriam, mas para este modelo há um conhecimento de sua organização, assim, o estudante tem acesso à internet, dispõe de aplicativos e outros recursos para acessá-lo. Já no ensino remoto somado à pandemia, as condições e restrições que apareceram foram ainda mais “fortes”, uma vez que este ensino foi imposto sem estudos anteriores, dada urgência do problema sanitário que o mundo atravessava. Não houve tempo para planejamento, preparação e compra de material, entre outros, e todos os estudantes foram submetidos a este modelo de ensino.

Foi muito desafiador dar continuidade à pesquisa mantendo a essência da proposta inicial de introduzir os números inteiros relativos via uma sequência didática com destaque para a mediação do professor, pois diante do cenário que vivenciávamos naquele momento e das mudanças realizadas, estávamos cientes de que entramos em um campo totalmente incerto e com apostas, muitas vezes, altas. Realizamos adaptações que julgamos necessárias para a continuidade da pesquisa e também com o intuito de dar um pequeno passo para pensar na realização de engenharias didáticas para o ensino remoto e até mesmo para a educação a distância, uma vez que quase não encontramos estudos sobre o uso desta metodologia neste ambiente.

Percebemos uma baixa interação por parte dos alunos participantes, visto que eles estavam inseridos em diferentes contextos e, mesmo com aqueles que tivemos a possibilidade de interagir, foi muito difícil estabelecer um “diálogo síncrono”, mesmo que pelo *WhatsApp*. Com aqueles alunos que esse tipo de diálogo aconteceu, o desenvolvimento das atividades ocorreu um pouco melhor, uma vez que essa conversa era semelhante a que seria estabelecida em sala de aula. Nesses diálogos

tentamos prosseguir com os ideais teóricos da TSD, realizando perguntas instigadoras para que o processo de devolução ocorresse durante as atividades (com aqueles que entravam em contato), para manter os alunos engajados na situação, porém, no *WhatsApp* a troca de mensagens de texto acabava tornando-se cansativa e os alunos ficavam, muitas vezes, desmotivados.

A partir disso, nos questionamos: como pensar uma situação adidática no ensino remoto diante das condições e restrições que nos encontrávamos? Como garantir ou ao menos fomentar que o aluno vivencie uma situação adidática mantendo contato apenas pelo *WhatsApp*? Isso é possível? De que modo? Que elementos podem favorecer esta interação? Como mediar a situação sem estar presente fisicamente com os alunos?

Com essas reflexões, entendemos como a estruturação do *meio* tem um papel fundamental na teoria das situações didáticas e como ele contribui, ou não, para a aprendizagem dos alunos. A partir disso, surge outro questionamento: como pensar uma engenharia didática para ser desenvolvida na modalidade do ensino remoto? Nossa engenharia não foi elaborada para esse contexto, mas sim para o presencial, porém, com as mudanças impostas pela necessidade de adequação para continuidade da pesquisa, consideramos que esta seria uma oportunidade ímpar de investigar espaços desconhecidos. Além disso, acreditamos que após as alterações a nossa sequência de atividades não se tornou exclusiva para o modelo do ensino remoto, e então questionamos: uma pesquisa do tipo da que fizemos pode ser desenvolvida no ensino presencial? Como fazer a adaptação no sentido inverso?

As adaptações ou modificações realizadas para tentar viabilizar a engenharia didática por nós planejada podem ser classificadas em dois tipos: aquelas relacionadas diretamente às atividades e formas de contornar a ausência do mediador ao lado do estudante e aquelas relacionadas a alterações no sistema didático que fogem do controle do professor. Relativamente ao primeiro tipo, buscamos suprir a ausência do mediador ao lado do estudante com a inserção de perguntas mais abertas, balões de fala e quadros de retomada para institucionalização.

Relativamente às alterações do sistema didático, temos um panorama que foge completamente ao controle do professor, pois, a partir do momento que o professor não está junto do aluno e, ainda, sem nenhum controle sobre o ambiente que ele está inserido, fica difícil inferir sobre suas respostas apresentadas. Isso nos leva ao estudo de sistemas didáticos prováveis ou possíveis, e alguns deles sendo imprevisíveis e muito difíceis de serem “controlados” pelo professor ou pesquisador. Então lançamos

mais questionamentos: como analisar a aprendizagem do aluno se outras pessoas estavam fazendo parte deste sistema e que, inclusive, muitas vezes não conseguimos saber quem compõe o sistema ou, mesmo sabendo, não conhecemos, de fato, estes outros sujeitos que ajudam X em seu estudo? E como pensar uma situação adidática para ser vivenciada nessas condições? Como preparar tal *meio*?

A partir dessas reflexões e questionamentos, vemos a necessidade de realização de mais investigações que busquem estudar os dois grandes tipos de modificações descritas nos dois parágrafos anteriores, a primeira sendo a realização de engenharias didáticas em ambientes em que professor e aluno não têm contato presencial e, a segunda, sobre o sistema didático se desenhar de uma forma diferente da esperada, não podendo ser prevista. Este estudo é válido não apenas para o ensino remoto, mas também para o ensino à distância, pois, neste modelo não é possível ter qualquer tipo de controle sobre outros “ajudantes” de X no estudo de uma questão Q, apesar de este modelo apresentar uma estrutura inicial, em que o estudante, ao optar por realizá-lo, dispõe de recursos suficientes para o seu desenvolvimento, e que a mediação do professor pode tornar-se mais efetiva com possíveis momentos síncronos. Assim, é importante ressaltar que mesmo no modelo à distância com possíveis momentos síncronos, a mediação não ocorre como no ensino presencial.

Acreditamos que este estudo apresenta elementos interessantes para iniciar a reflexão sobre o desenvolvimento de engenharias didáticas em outros ambientes não só na perspectiva da teoria das situações didáticas, como neste caso, mas também de engenharias didáticas aliadas a outros referenciais teóricos.

Referências

ARTIGUE, Michèle. Ingénierie Didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. Grenoble, France: v. 9, n. 3, pp. 281-308, 1988.

BITTAR, Marilena. Contribuições da teoria das situações didáticas e da engenharia didática para discutir o ensino de Matemática. In: Teles, R. A. M; Borba, R. E. S. R; Monteiro, C. E. F. (org) **Investigações em Didática da Matemática**; Editora UFPE, 2017.

BOSCH, Marianna. L'écologie des Parcours d'étude et de Recherche au Secondaire. Conferência. In: GUEDET, G.; ALDON, G.; DOUAIRE, J.; TRGALOVA, J. (Eds).

Apprendre, enseigner, se former en mathématiques: quels effets des ressources? Lyon: Institut National de Recherche Pédagogique, p. 19-34, 2010.

BROUSSEAU, Guy. D'un problème à l'étude a priori d'une situation didactique. **Actes de la 2ème école d'été de didactique des mathématiques**. Olivet, 1982, IREM d'Orléans.

BROUSSEAU, Guy. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, vol 7/2, p. 33-115. Grenoble, La Pensée Sauvage éditions, 1986.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2008.

CASABÒ, Marianna Bosch. **Study and research paths**: a model for inquiry. In: International Congress of Mathematics. Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

CHAACHOUA, Hamid; BITTAR, Marilena. A Teoria Antropológica do Didático: Paradigmas, Avanços e Perspectivas. **Teorias e Métodos em Didática da Matemática**. v. 9, n. 1, p. 29-44, 2018.

CHEVALLARD, Yves. Les TPE comme problème didactique. **Communication au Séminaire national de didactique des mathématiques**. 2001. Disponível em: http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=14. Acesso em: 24/01/2023.

_____. Organiser l'étude. Cours 3 - Ecologie & Regulation. **Actes de la XIème Ecole d'été de didactique des mathématiques**. Grenoble, La Pensée Sauvage, p. 41-56. 2002.

_____. Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique. **Anales de la Sociedad, escuela y matemáticas**. Aportaciones de la Teoría Antropológica de lo Didáctico. Jaén, España, p. 705-746, 2007.

DOUGLAS, Mary. **Como as instituições pensam**. São Paulo: EDUSP, 1998.

FERREIRA, Raimundo Nélio Rodrigues. **A Sequência Fedathi como proposta de mediação do professor no ensino dos números inteiros**. 2018. 104 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Estadual do Ceará, 2018.

FREITAS, José Luiz Magalhães de. Teoria das situações didáticas. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). **Educação matemática: uma (nova) introdução**. Revisada. São Paulo: Educ, 2010, p.77- 111.

GONCALVES, Kleber Ramos. **A Teoria Antropológica do Didático como ferramenta para o estudo de transposições didáticas**: o caso das operações de adição e subtração dos números inteiros no 7º ano do ensino fundamental. 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.

NASCIMENTO, Ross Alves do. Explorando a reta numérica para identificar obstáculos em adição e subtração de números inteiros relativos. In: VIII Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), 2004, Pernambuco. **Anais [...]**. Pernambuco: UFPE, 2004.

PASSONI, João Carlos. **(Pré-) álgebra**: introduzindo os números inteiros negativos. 2002. 226f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2002.

ROSA, Ludiér Mariano. **Uma engenharia didática para os números inteiros relativos**: do ensino presencial ao ensino remoto. 2022. 159f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2022.

SANTOS, Sanileni Gutemberg dos. **Números inteiros**: estratégias que visam facilitar a compreensão de conceitos e operações. 2016. 96f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Submetido em maio de 2023

Aceito em agosto de 2023

