

UTILIZANDO SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DE MOVIMENTO RELATIVO: UMA COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS *THINK ALOUD* E *REPORT ALOUD*

USING COMPUTATIONAL RELATIVE MOTION SIMULATIONS: A COMPARISON OF THE *THINK ALOUD* AND *REPORT ALOUD* METHODS

USO DE SIMULACIONES COMPUTACIONALES DE MOVIMIENTO RELATIVO: UNA COMPARACIÓN DE MÉTODOS *THINK ALOUD* Y *REPORT ALOUD*

Maira Giovana de Souza*
maira.souza@rede.ulbra.br

Agostinho Serrano de Andrade Neto*
agostinho.serrano@rede.ulbra.br

* Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Canoas-RS – Brasil

Resumo

Cada vez mais cresce o número de investigações que buscam compreender os processos mentais utilizados pelos estudantes a fim de entender, principalmente, suas dificuldades com o aprendizado de determinados conteúdos. Portanto, o presente artigo faz uma comparação entre dois protocolos de entrevistas que podem ser utilizados nessas investigações, o *Think Aloud* e o *Report Aloud*. Partindo de um estudo já realizado utilizando o *Think Aloud*, foi feita uma pesquisa com o método *Report Aloud*. Ambas investigações utilizaram simulações computacionais de movimento relativo a fim de analisar as imagens estáticas e simulações mentais produzidas e utilizadas pelos estudantes. Comparando os resultados de ambos os estudos pode-se concluir que os métodos são equivalentes.

Palavras Chave: Ensino de Física. TIC. Movimento Relativo.

Abstract

Increasingly grow up the investigations that seek to understand the mental processes used by students in order to understand, mainly, their difficulties in learning certain subjects. Therefore, this article makes a comparison between two interview protocols that can be used in these investigations, *Think Aloud* and *Report Aloud*. Based on a study carried out using *Think Aloud*, an research was carried out using *Report Aloud* method. Both investigations used computational simulations about relative motion in order to analyze the statics imagens and mental simulations produced and used by students. Comparing the results of both studies, it can be concluded that the methods are equivalent.

Keywords: Physics teaching. ICT. Relative Motion.

Resumen

El número de investigaciones que buscan comprender los procesos mentales utilizados por los estudiantes para comprender, principalmente, sus dificultades con ciertas materias, crece cada vez más. Por lo tanto, este artículo hace una comparación entre dos protocolos de entrevista que se pueden utilizar en estas investigaciones, *Think Aloud* y *Report Aloud*. Sobre la base de un estudio realizado con *Think Aloud*, se realizó una investigación con el método *Report Aloud*. Ambas investigaciones utilizaron simulaciones de cómputo sobre el movimiento relativo para analizar las imágenes fijas e las simulaciones mentales producidas y utilizadas por los estudiantes. Comparando los resultados de ambos estudios, se puede concluir que los métodos son equivalentes.

Palabras clave: Enseñanza de Física. TIC. Movimiento Relativo.

INTRODUÇÃO

São crescentes as investigações que objetivam compreender quais são os processos que os estudantes utilizam para resolver problemas e como se dá a compreensão desses problemas pelos estudantes (ANJOS; SERRANO, 2017; TREVISAN; SERRANO, 2014; PIEPER; SERRANO, 2018). Isso permite identificar quais são as principais dificuldades deles em algum determinado assunto, bem como as causas delas. Dessa forma, levando isso em consideração, se torna possível desenvolver estratégias para facilitar o aprendizado.

Além disso, no ensino de Física é crescente o uso de simuladores computacionais, que permitem aos estudantes o acesso à situações diferenciadas, bem como processar informações que não conseguiriam sozinhos (SOUZA, 2004). Existem, inclusive, pesquisas que buscam encontrar simulações adequadas para serem utilizadas em sala de aula (SOUZA; SERRANO, 2019).

Dentro desse cenário investigativo, surgem diferentes protocolos de entrevista que podem ser utilizados, como o *Think Aloud* (VAN-SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994) e o *Report Aloud* (TREVISAN, et al., 2019). O método *Think Aloud* foi utilizado por Monaghan e Clement (1999) em um estudo visando compreender as dificuldades dos estudantes em relação à ideia de movimento relativo. Após do uso de simulações computacionais, eles constataram através de gestos descritivos que os alunos desenvolveram simulações mentais que podem ser utilizadas off-line.

Nós desenvolvemos uma investigação semelhante, mas utilizando o método *Report Aloud*. Os estudantes interagiram com simulações computacionais, e também foi constatado o uso de simulações mentais. O presente artigo descreve essa investigação bem como busca fazer um comparativo entre os protocolos *Think Aloud* e *Report Aloud* verificando se ambos são equivalentes em termos de resultados obtidos.

Dentro do contexto da utilização de simulações computacionais e interação com a hipercultura em geral surge a Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (SOUZA, 2004). Conforme ela, a inserção das tecnologias da informação e comunicação (TIC) causou alterações na estrutura cognitiva dos indivíduos. O autor afirma que “seres humanos complementam o processamento da informação cerebral por interação com sistemas físicos externos organizados” (SOUZA, et al. 2012, p.2), ou seja, ao lidar principalmente com situações mais complexas, os indivíduos, em nosso caso, os estudantes, necessitam de algum mecanismos externos que auxiliem o processamento das informações.

Portanto, o ser humano irá adquirir conhecimentos a respeito de algo através da interação com ele e/ou com estruturas que possibilitem esse processamento externo. De acordo com Souza (2004) essa interação pode ocorrer por meio de quatro tipos de mediações: a psicofísica, a social, a cultura e a hipercultural. Entende-se por mediação psicofísica a interação com objetos que estimulem esquemas sensorio motores, por exemplo, atividades experimentais. A mediação social consiste na interação entre os indivíduos, que pode se dar de forma direta ou indireta, ela também pode ocorrer por meio de outras mediações. Por exemplo, em uma atividade experimental, os estudantes interagem com o professor e colegas.

Já a mediação cultural, ocorre por meio do uso da linguagem, escrita e imagens, ou seja, os meios de comunicação e compreensão. Pode ser através da utilização de um livro didático, por exemplo. E, por fim, a mediação hipercultural consiste no uso de ferramentas tecnológicas, por meio da hipercultura, viabilizando processamentos externos de informação. Isso acaba por causar modificações nos mecanismos internos e cognitivos do sujeito. Os simuladores computacionais são um exemplo de mediação hipercultural.

[...] na atual Revolução Digital, testemunha-se a emergência de uma Hipercultura, onde os mecanismos externos de mediação passam a incluir os dispositivos computacionais e seus impactos culturais, enquanto que os mecanismos internos incluem as competências necessárias para o uso eficaz de tais mecanismos externos (SOUZA, 2004, p.85).

Dessa forma, quando os estudantes interagem com estruturas desse tipo eles aumentam sua capacidade de processamento de informação. Entretanto, ao se utilizar mecanismos externos de mediação é necessário que se contruam outros internos para compreender o funcionamento deles bem como as informações que são obtidas. Esses mecanismos internos são chamados de *drivers*, e irão permitir que o indivíduo acesse novas informações conforme novas situações surgem com diferentes problemas.

Portanto, ao utilizar simulações computacionais, os estudantes irão desenvolver *drivers*, que possibilitarão a sua interação elas. Através desse contato, suas capacidades de processamento de informação serão ampliadas, ou seja, conseguirão resolver mais problemas do que antes. Além disso, conforme será dissorrido adiante, pode ocorrer uma internalização, gerando simulações mentais que podem ser acessadas off-line pelos alunos.

UTILIZAÇÃO DO *THINK ALOUD*

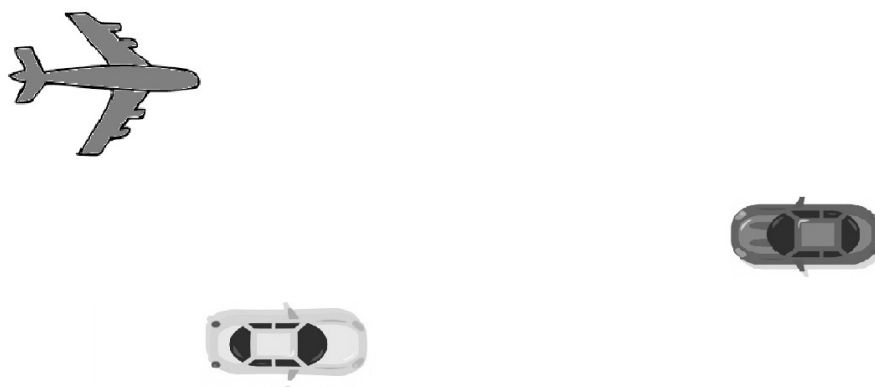
Em seu estudo, Monaghan e Clement (1999) buscam investigar “se simulações podem ajudar a melhorar o entendimento de movimento relativo”. Além disso, também investigam se a interação com a

simulação computacional pode facilitar que os estudantes utilizem simulações off-line, ou seja, simulações mentais. Os participantes da pesquisa eram estudantes de uma escola de Ensino Médio em Massachusetts, no artigo foram apresentados os casos de três estudantes. Foram aplicados pré e pós-testes idênticos antes e após a utilização da simulação.

A simulação utilizada, intitulada “cars and plane”, foi criada através do software RelLab e foi controlada pelo entrevistador. Em cada demonstração foi utilizada a estratégia prever-observar-explicar (POE) (TAO; GUNSTONE, 1997), onde o entrevistador pausava a simulação e pedia ao estudante para prever o que iria acontecer, durante a execução da simulação – ou seja, *in loco*. Depois disso, o estudante assistia à ela e explicava o que tinha visto. Na simulação existem dois carros e um avião, conforme representado na figura 1, primeiro o entrevistador executa a simulação no referencial do chão, depois no referencial do avião.

Nessa investigação, os pesquisadores utilizaram o protocolo *Think Aloud* (VAN-SOMEREN; BARNARD and SANDBERG, 1994). Como o próprio nome diz, o entrevistado pensa em voz alta conforme está resolvendo alguma situação. Nessa pesquisa, esse método permite compreender o que o estudante estava pensando no momento de responder aos questionários e ao interagir com a simulação. Conforme ele forma sua resposta, ele descreve o que está pensando para o entrevistador.

Figura 1: esquema representativo da simulação “cars and plane”



Fonte: A pesquisa (2020).

Assim, os estudantes foram entrevistados enquanto respondiam o pré-teste, durante a demonstração da simulação e enquanto respondiam o pós-teste. As entrevistas foram gravadas para posterior análise. Através das análises das entrevistas os autores puderam constatar que a interação com a simulação facilitou que os estudantes desenvolvessem simulações mentais. Também foi possível identificar as principais dificuldades dos estudantes, que estavam relacionadas a falta de interpretação de cálculos e às habilidades de visualização do movimento relativo.

Além disso, concluíram que a interação com a simulação no formato POE teve efeito positivo nas habilidades dos estudantes para resolver problemas. Assim, eles estavam habilitados a aplicar seus conhecimentos quanti e qualitativamente no pós-teste. Também tiveram indicações de que pelo menos dois estudantes utilizaram simulações mentais durante sua intervenção com a simulação e no pós-teste. Essas indicações se dão principalmente pela utilização de gestos e através da descrição feita pelo estudante a durante a entrevista.

Por outro lado, um dos estudantes apresentou regresso após interagir com a simulação e os pesquisadores levantam algumas hipóteses para isso: o estudante pode não ter compreendido o funcionamento da simulação ou pode ter feito alguma generalização incorreta a partir do que viu nela. Afirmam que pesquisas futuras podem ser conduzidas para buscar outros fatores que influenciam na habilidades dos estudantes em visualizar e resolver problemas.

UTILIZAÇÃO DO *REPORT ALOUD*

Partindo do estudo feito por Monaghan e Clement (1999), fizemos uma investigação similar, entretanto com importantes diferenças metodológicas. Utilizamos o protocolo de entrevistas *Report Aloud* (TREVISAN, et al., 2019), que é uma adaptação do *Think Aloud*. A principal diferença é que, ao invés de o entrevistado relatar o que está pensando enquanto responde a um instrumento de pesquisa, ele faz isso depois. Ou seja, os estudantes foram entrevistados após as atividades e relataram o que pensaram enquanto estavam realizando elas.

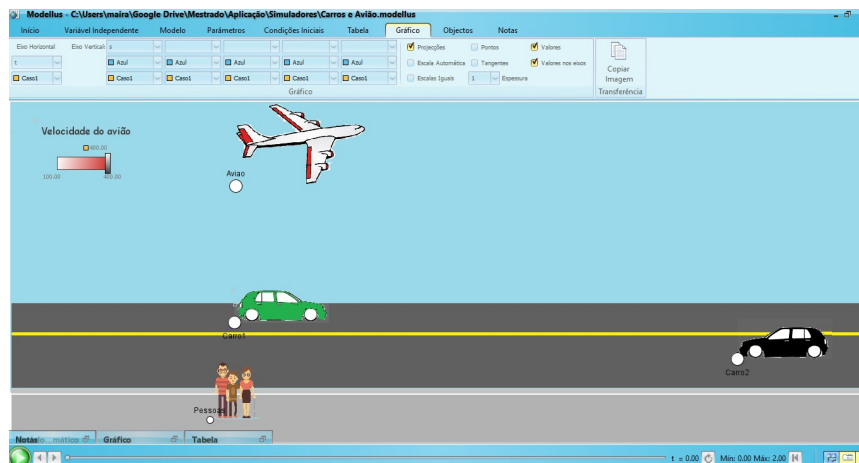
Metodologia

Primeiramente foram desenvolvidas duas simulações computacionais através do software *Modellus 4*. Uma das simulações foi baseada na utilizada por Monaghan e Clement (1999), chamada “carros e avião”, figura 2. A outra buscava contemplar mais situações de movimento relativo, apresentava um menino que jogava uma bolinha dentro de um trem em movimento, chamada “bolinha no trem”, figura 3. Também foi elaborado um roteiro de utilização para as simulações baseado na estratégia POE (TAO; GUNSTONE, 1997). O questionário utilizado como pré e pós-teste foi uma adaptação do utilizado por Monaghan e Clement (1999).

Participaram da pesquisa dois estudantes do segundo ano do Ensino Médio de duas escolas diferentes, ambas do mesmo município, as atividades foram realizadas com cada um individualmente.

Primeiramente cada estudante respondeu ao pré-teste e o entregou, então a pesquisadora realizou uma breve explicação sobre movimento e velocidade relativa, resolvendo alguns exemplos e exercícios.

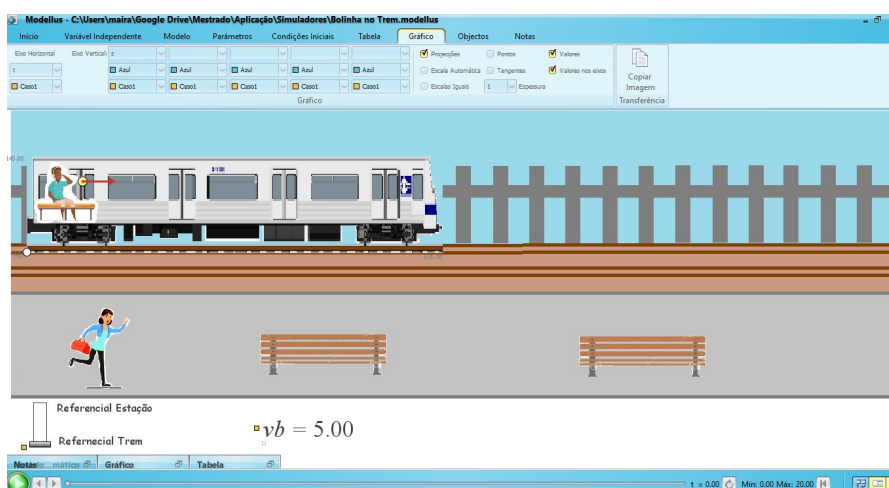
Figura 2: simulação “carros e avião”



Fonte: A pesquisa (2020).

Depois disso, cada estudante interagiu diretamente com a simulação utilizando o roteiro, diferente do trabalho de Monaghan e Clement (1999) onde o entrevistador manuseou a simulação. Os estudantes deveriam descrever nos espaços no roteiro suas previsões, o que observaram e o que concluíam de cada situação proposta. A pesquisadora permaneceu junto de cada estudante para eventuais dúvidas de utilização dos simuladores.

Figura 3: simulação “bolinha no trem”



Fonte: A pesquisa (2020).

Após a utilização das simulações os estudantes responderam ao pós-teste e o entregaram. As entrevistas com cada estudante ocorreram cerca de dois dias após as atividades. Essas entrevistas foram gravadas e, como mencionado anteriormente, foi utilizado o protocolo *Report Aloud*, onde os estudantes explicaram o que haviam pensado e imaginado no momento que realizaram cada atividade. Assim como

no estudo de Monaghan e Clement (1999) foi feita uma análise gestual descritiva de cada entrevista, objetivando identificar se os estudantes utilizaram simulações mentais para resolver as situações, quais eram essas simulações e quais foram as influências das simulações computacionais, se houveram.

Resultados

Os resultados obtidos foram bastante similares com os de Monaghan e Clement (1999). Enquanto um estudante teve um progresso no pós-teste o outro manteve as mesmas respostas. Foi possível identificar que os estudantes utilizaram simulações mentais para resolver as questões, algumas delas oriundas das simulações computacionais. Segue análise de cada estudante.

Estudante A1

Esta estudante teve um desempenho razoável no pré-teste, entretanto apresentava insegurança e confusão em relação a alguns conceitos. Ao ser questionada sobre sua resposta no pós-teste para a questão 5, “Na figura, você está no carro cinza. Seu velocímetro mede 40 km/h. Qual é a velocidade de seu carro em relação a um helicóptero voando muito baixo indo na mesma direção que seu carro, com uma velocidade relativa ao solo de 200 km/h?”, a estudante afirma ter lembrado da simulação “carros e avião”. No pré-teste a estudante havia respondido 160 km/h, já no pós-teste respondeu – 160 km/h, que é a resposta mais correta. Segue trecho da entrevista.

A1: É que aqui (primeiro questionário) eu não tinha considerado o referencial, daí eu fiz 200 menos 40, não 40 menos 200, aí deu 160.

E: Ok. E o que te ajudou a perceber isso nessa segunda vez, que tu tinha que considerar que era o que o helicóptero tava vendo?

A1: O simulado que tu fez ali, eu olhei e aí me ajudou a chegar nessa conclusão. [...] Eu lembrei daquela que tinha os carrinho andando pra trás [#SIM, 09:04].

Figura 4: gesto #SIM realizado pela estudante A1



Fonte: A pesquisa (2020).

Esse trecho mostra que a estudante foi capaz de reproduzir mentalmente a simulação depois de ter interagido com ela para resolver um problema. Ou seja, após ter contato com uma mediação hipercultural, desenvolveu *drivers* e, então, uma simulação off-line. Os gestos feitos por ela são uma evidência dessa simulação mental. Em outro momento, quando questionada sobre sua resposta no pré-teste para a questão 7, “O caminhão branco está viajando em sua direção. Se o velocímetro do caminhão indica 40 km/h, qual é a velocidade do caminhão em relação ao helicóptero?”, onde a aluna respondeu – 160 km/h, diz que não lembrava dos conceitos, o que mostra o trecho a seguir:

A1: Nessa aqui eu realmente botei “não muito confiante”, porque eu, eu tava bem perdida na hora, sabe, eu fiz assim daí eu... Porque eu não lembrava mais muito dessa, eu não lembrava direito dessas questões de velocidade e tudo mais, sabe, não lembrava muito.

Já no pós-teste, para essa mesma questão, a estudante respondeu corretamente, 240 km/h.

A1: [...] É, tem aquela coisa [#OP, 10:48] de que tão andando em direções opostas, e, é, ai eu, eu entendo na minha cabeça, entende. [...] É, é que, é que assim, eu lembrei um pouco do que tu tinha me explicado, daquelas questões, lembra que tu tinha repassado bem o que é que é cada coisa, sabe, eu lembrei um pouco daquilo. Daquela coisa do, tipo, tem o, que não é uma soma, acaba virando uma soma, mas não é uma soma, na questão em si, é uma subtração, só que um dos números vai ficar negativo. Eu lembrei disso. E eu lembrei, eu pensei naquela coisa deles [#OP, 12:05] tarem em direções opostas, só que eu não sei te explicar exatamente...

E: E aqui (segundo questionário), o que fez tu lembrar aqui no segundo, que tu conseguiu lembrar das coisas pra fazer?

A1: O simulador ajudou bastante. [...] Ele dá, ele ajuda pra tu ver a situação acontecendo entendeu. Porque aqui são imagens, então são imagens paradas, tu tem que imaginar elas na tua cabeça e nem sempre o que tu imagina na tua cabeça é o que tá, é o que vai acontecer de verdade entendeu, o que é o certo. Eu posso tá imaginando uma coisa e te falar e tu dizer que é certa, mas o que eu tô imaginando não é o certo, entende. Mas o simulador, ele ajuda pra isso, pra tu imaginar a situação acontecendo.

Figura 5: gesto #OP realizado pela estudante A1

Fonte: A pesquisa (2020).

É possível perceber nesse trecho que a simulação auxiliou a estudante a compreender os movimentos dos objetos que estão em sentidos opostos. A própria estudante afirma que o simulador auxilia para imaginar a situação acontecendo, ou seja, essa mediação aumenta sua capacidade de processar informações, além disso, os gestos feitos indicam que ela pôde reproduzir mentalmente a simulação para conseguir responder corretamente a questão.

Estudante A2

O estudante A2 teve um bom desempenho no pré-teste, apresentando um pouco de dificuldade com a troca de referencial, o que fica evidente no momento em que ele tem dificuldades ao resolver situações envolvendo vários objetos. Ele não mudou nenhuma de suas respostas no pós-teste, ou seja, não apresentou um crescimento após a interação com as simulações, mas teve um aumento de confiança em algumas questões após utilizá-las.

Quando foi perguntado o motivo de seu aumento de confiança na questão 1, “Observe a imagem. Você e seu colega estão no ônibus indo para a escola, que está parado em um semáforo. Suponha que você vá jogar uma bola de papel e acertar seu colega no banco à sua frente. Quão forte você tem que jogar a bola de papel de um banco no ônibus para outro banco à sua frente quando o ônibus está andando?”, o estudante afirmou ser a utilização da simulação “bolinha no trem”. Segue trecho da entrevista.

E: Tu tinha colocado a mesma resposta no questionário anterior, o que mudou foi nessa parte aqui. Que primeiro tu colocou que tu tava só bastante confiante e daí depois tu colocou que tu tinha certeza dessa resposta. O que mudou na tua confiança aqui na resposta de um pra o outro?

A2: Foi olhando o simulador. Porque daí, tipo, com o simulador eu consegui imaginar a situação, mas eu não consegui ver ela, tipo, realmente. Aí com o simulador eu consegui entender melhor visualmente o que tava acontecendo sabe. [...]

E: E de qual parte do simulador tu lembrou nessa questão?

A2: Da parte do corpo que, o guri tá dentro do trem [#TREM, 02:08] e aí o ônibus anda e a cena dele parado, atirando a bolinha também, sabe. O primeiro exemplo foi isso que eu tentei buscar, é, foi isso que eu tentei buscar pra, pra responder.

Figura 6: gesto #TREM realizado pelo estudante A2



Fonte: A pesquisa (2020).

Esse trecho mostra que a interação com a simulação deixou o estudante mais confiante de suas respostas, que estavam corretas, ou seja, o auxiliou no processamento de informações. O gesto realizado pelo estudante indica que ele foi capaz de reproduzir uma simulação mental a partir da simulação computacional, e pôde utilizá-la para resolver um problema. Entretanto, na segunda parte do questionário o estudante apresentou algumas dificuldades. Ao responder a questão 7 apenas trocou o sinal da sua resposta da questão 5, pois considerou que como os objetos estavam em sentidos opostos essa seria a única mudança.

A2: Eu pensei que eles tão se confrontando e aí a situação é inversa, tipo, eles tão com a mesma velocidade. Que nem, nos exercícios eles tão a 40 km/h, se não me engano. [...]E aí, como eles tão na mesma velocidade, mas tão em direções opostas [#CAM2, 06:01], eu pensei que fosse a mesma situação só que com o valor, o valor negativo ou positivo, por conta dessa diferença de, de direção assim. [...] E aí de novo eu tentei não pensar como, tipo, uma situação real, eu só tentei imaginar uma linha numérica e com velocidades diferentes e tentar encaixar elas numa matemática daí.

Figura 7: gesto #CAM2 realizado pelo estudante A2



Fonte: A pesquisa (2020).

Percebe-se que, mesmo interagindo com a simulação, o estudante teve dificuldades em imaginar a situação e por isso acabou fazendo uma generalização errada, “muda o sentido dos objetos, muda o sinal da velocidade relativa”. Aqui fica clara a dificuldade do estudante em lidar com a troca de referencial. Entretanto os gestos indicam que o estudante chegou a imaginar uma situação, mas não

conseguiu compreendê-la completamente, assim acabou tentando parar de imaginá-la, como ele mesmo relata.

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

A fim de comparar os métodos *Think Aloud* e *Report Aloud*, será feita primeiramente uma comparação entre os resultados obtidos pelos dois estudos, para verificar se são equivalentes. Assim como no estudo de Monaghan e Clement (1999), em nossa pesquisa um estudante apresentou dificuldades mesmo após interagir com as simulações, o estudante A2. Esse aluno não conseguiu imaginar todas as situações propostas nos testes, e acabou respondendo algumas incorretamente. Entretanto, esse mesmo estudante, em outras situações mais simples foi capaz de reproduzir mentalmente uma simulação, indicando que houve, em parte, uma internalização das simulações.

Também obtivemos resultados semelhantes com a aluna A1, que apresentou um melhor desempenho após interagir com as simulações. Foi possível constatar que ela desenvolveu simulações mentais o que aumentou sua capacidade de resolver problemas no pós-teste, onde ela demonstrou tê-las utilizado. Além disso, em nosso estudo também foi possível encontrar as evidências do uso das simulações mentais por ambos estudantes, apesar de um deles somente em algumas situações. Os estudantes gesticularam demonstrando o que estavam imaginando, descreveram essas imagens, se projetaram nas situações e falaram de suas percepções, evidências constatadas também por Monaghan e Clement (1999).

CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no estudo de Monaghan e Clement (1999), utilizando o método *Think Aloud* (VAN-SOMEREN; BARNARD and SANDBERG, 1994), e de nossos resultados em nossa investigação utilizando o *Report Aloud* (TREVISAN, et al., 2019), foi possível constatar que esses protocolos são equivalentes em termos de resultados obtidos. Da mesma forma que com o *Think Aloud* é possível compreender o que o estudante está pensando ao resolver uma questão, é possível entender o que o estudante havia pensando quando resolveu alguma tarefa utilizando o *Report Aloud*.

Além disso, utilizando o *Report Aloud*, é possível superar alguns obstáculos que podem surgir ao se entrevistar algum participante tímido, que possa se sentir desconfortável em relatar o que está raciocinando no exato momento. Entretanto, é importante evitar que o período entre as atividades e a realização da entrevista seja demasiado longo, fazendo com o que o participante não se recorde do que

pensou. Dessa forma, o método *Think Aloud* teria, em princípio, vantagem de trazer a informação da resolução do problema no momento em que o estudante o resolve, durante a entrevista. Já o método *Report Aloud*, por outro lado, ao entrevistar o aluno após a resolução do problema, pode incorrer em falhas na descrição do processo de resolução deste, devido ao seu esquecimento. Assim, se faz necessário comparar ambos os métodos para averiguar se, de fato, há ou não esquecimento de alguma informação crucial.

Através do presente estudo, podemos constatar que não houve esquecimento desse tipo de informação, ou seja, os métodos são equivalentes. Portanto, ambos são eficientes para serem utilizados na busca pela compreensão de como os estudantes lidam e entendem determinadas situações, servindo assim como ferramentas muito úteis para a investigação na área de ensino. Qual método usar fica a critério do pesquisador, dependendo de sua disponibilidade e adaptação a cada um deles.

Referências

- ANJOS, J. R.; SERRANO, A. A concepção de ângulo em alunos dos 8º e 9º anos do Ensino Fundamental ao estudarem cinemática. In.: VII CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENSINO DA MATEMÁTICA, 7, 2017, Canoas (ULBRA). **Anais do [...]**, Canoas: CIEM, 2017.
- MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, United Kingdom, v. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.
- PIEPER, F. C.; SERRANO, A. O uso de uma simulação computacional como ferramenta de processamento extracerebral: resultados preliminares de uma análise gestual. **Areté**, Manaus, v. 11, n. 24, p. 132-152, dez. 2018.
- SOUZA, B. C. **A Teoria da Mediação Cognitiva: os impactos cognitivos da Hipercultura e da mediação digital**. 2004. Tese (Doutorado em Psicologia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- SOUZA, B. C.; SILVA, A. S.; SILVA, A. M.; ROAZZI, A.; CARRILHO, S. L. S. Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. **Computers in Human Behavior**, United Kingdom, v. 28, n. 6, p. 2320-2330, nov. 2012.
- SOUZA, M. G.; SERRANO, A. Utilizando a Teoria da Mediação Cognitiva em Rede para Fundamentar os Critérios de Escolha de Softwares de Simulação na Internet: o caso da Relatividade. **Redin - Revista Educacional Interdisciplinar**, Taquara, v. 8, n. 1, dez. 2019.
- TAO, P.; GUNSTONE, R. F. Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. **International Journal of Science Education**, United Kingdom, v. 21, n. 1, p. 39-57, 1999.

TREVISAN, R.; SERRANO, A. A Utilização de Ferramentas Hiperculturais no Ensino de Mecânica Quântica: Investigação do Aprendizado de Representações, *Drives* e Conceitos Quânticos. **Renote – Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, dez. 2014.

TREVISAN, R.; SERRANO, A.; WOLFF, J. F. S.; RAMOS, A. F. Peeking into their mental imagery: The Report Aloud technique in science education research. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 25, n. 3, p. 647-664, set. 2019.

VAN-SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. **The Think Aloud Method**: a practical guide to modelling cognitive processes. London, Academic Press, 1994. 219 p.

Recebido em: 08/03/2020

Aceito em: 01/11/2020

Endereço para Maira Giovana de Souza

Email: maira.souza@rede.ulbra.br



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).