

Programando simulações sobre Força: Construção e Validação de uma abordagem didática

Programming simulations about Force: Construction and Validation of a didactic approach

Wanderley Paulo Gonçalves Junior

Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio de Janeiro
wpgjunior@gmail.com

Amanda Amantes

Universidade Federal da Bahia
amandaamantes@gmail.com

Resumo

Neste trabalho apresentamos a construção e validação de uma abordagem que envolve tarefas de simulação sobre o conceito de força. A construção dessas atividades foi baseada no Inventário Conceitual de Força (FCI) e sua validação foi realizada através da avaliação pareada. Nesse processo desenvolvemos uma planilha de critérios que possibilitou uma análise estatística através do índice percentual de concordância e do coeficiente Kappa. Nossos resultados apontam que as tarefas construídas são válidas e confiáveis tendo como parâmetro o julgamento de juízes. Acreditamos que a contribuição desse trabalho se realiza no campo metodológico, no que diz respeito aos processos de elaboração de critérios e apresentação de procedimentos de avaliação pareada, assim como no educacional, ao apresentar uma abordagem inovadora para o ensino do conceito físico de Força.

Palavras chave: simulação, ensino de física, validação

Abstract

In this work we present the construction and validation of an approach involving simulation tasks about concept of force. The construction of these activities was based on the Conceptual Force Inventory (FCI) and its validation was performed through the paired evaluation. In this process we developed a spreadsheet of criteria that made possible a statistical analysis through the percentage of agreement and the Kappa coefficient. Our results point out that the built tasks are valid and reliable, having as a parameter the judgment of judges. We believe that the contribution of this work is made in the methodological field, with respect to the processes of elaboration of criteria and presentation of paired evaluation procedures, as well as in the educational one, by presenting an innovative approach for teaching the physical concept of Force.

Key words: Simulation, physics teaching, validation.

Introdução

Os objetos de estudo do campo das ciências sociais, e de forma mais específica, das áreas de Educação e Ensino, constituem-se em atributos e variáveis latentes¹, que não podem ser acessados ou mensurados diretamente (AMANTES, COELHO e MARINHO, 2015); por isso, é imperativo que os instrumentos elaborados para “mensurá-los” sejam submetidos a refinamentos e ajustes que visam a melhor adequação desses instrumentos aos seus objetivos.

Nesse contexto, apresentamos a construção e a validação de uma abordagem de ensino que envolve simulações, buscando conferir mais de rigor e qualidade à intervenção. Isso significa que buscamos validar a intervenção para que ela atinja com mais eficácia seu objetivo de ensino-aprendizagem.

Ressaltamos que este trabalho é parte integrante de uma pesquisa mais ampla cujo objetivo é investigar a evolução do entendimento dos alunos sobre o conceito físico de força através de um ambiente de ensino estruturado para a programação de simulações.

Construção das Tarefas de Programação

As tarefas de programação foram construídas a partir da análise das questões que compõem o Inventário Conceitual de Força (FCI) (HESTENES, WELLS e SWACKHAMER, 1992). Esse inventário contém 30 questões de múltipla escolha que não envolvem cálculos e possuem contextualização no cotidiano. Essas questões abordam conceitos da Mecânica Newtoniana relacionados à grandeza física “Força”, sendo o FCI um dos instrumentos mais amplamente testado e aplicado no ensino de Física no mundo (HESTENES, WELLS e SWACKHAMER, 1992; MCDERMOTT e REDISH, 1999; LASRY, ROSENFELD, *et al.*, 2011).

As tarefas introduzem inicialmente as condições que devem ser consideradas para o planejamento e execução das simulações, seguidas dos desafios a serem resolvidos. Na primeira tarefa, os desafios relacionam as grandezas aceleração e velocidade quando corpos em queda livre estão submetidos à força da gravidade. Na figura 01 temos a ilustração de uma das tarefas de simulação.

Para esse primeiro desafio, considere as seguintes condições:

- Para resolver os problemas propostos, quando não especificado, pode-se considerar que os corpos estejam em planetas diferentes.
- Considere as forças de resistência ao movimento desprezíveis.

Desafios

- 1) Construa uma simulação em que os três corpos submetidos a forças diferentes chegam juntos ao solo. A posição dos corpos, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente marcadas.
- 2) Construir uma simulação de forma que a velocidade do corpo 2 ao chegar ao solo seja o dobro das velocidades do corpo 1 e 3. A posição dos corpos, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente marcadas.

Figura 01: Exemplo de Tarefa de Simulação – Desafio 1

¹ As variáveis latentes são características dos indivíduos que não podem ser observadas diretamente, e devem ser inferidas a partir da observação de variáveis secundárias que estejam relacionadas a ela (ANDRADE, TAVARES e VALLE, 2000).

A segunda tarefa explora dois aspectos do conceito de força: movimentos em que o corpo está em equilíbrio e a relação entre a aceleração e a força aplicada em movimentos acelerados. Na terceira tarefa, os estudantes são inquiridos a construir simulações que abordam a 2ª lei de Newton. Por fim, na quarta tarefa temos que a atividade exige a compreensão e aplicação da terceira lei de Newton através de duas situações colocadas: o movimento da Lua em torno da Terra e a mensuração do peso de um corpo em uma balança de molas.

Metodologia de Pesquisa

Perfil dos árbitros e coleta de dados

A validação por pares contou com a participação de 36 árbitros, sendo que a maior parte deles são licenciados em Física, possuem pós-graduação, atuam no ensino médio e lecionam há a mais de cinco anos, como podemos observar na figura 02.

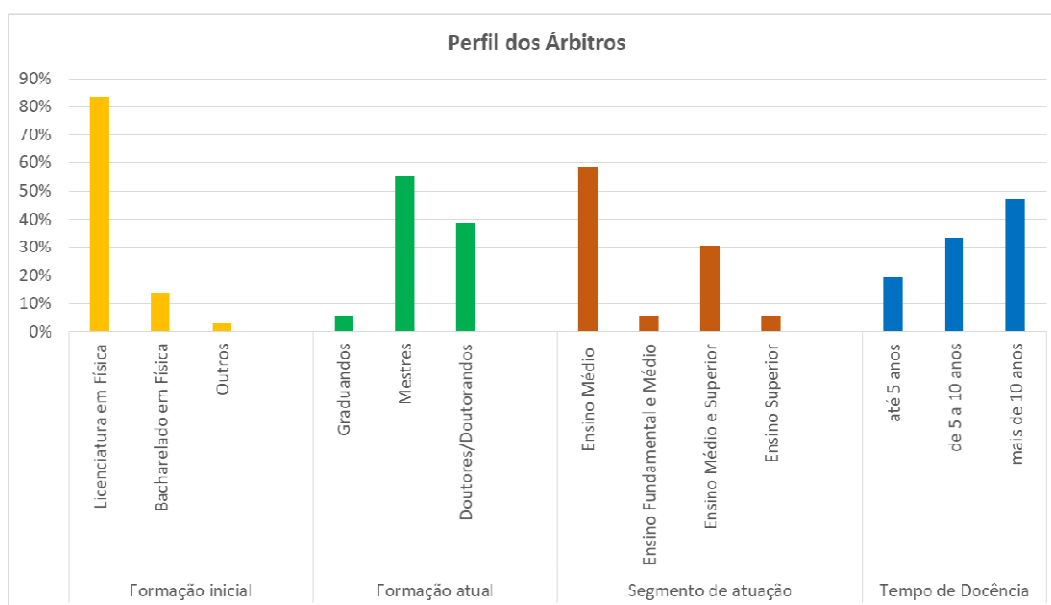


Figura 02: Perfil dos árbitros da validação por pares

Os árbitros foram informados que as tarefas de simulação seriam aplicadas numa intervenção educacional composta por quatro encontros de duas aulas (uma tarefa para cada encontro) e que os estudantes já teriam tido instrução sobre a linguagem de programação utilizada, além de já terem passado pela instrução formal do objeto de conhecimento abordado nessas tarefas. Para a validação, foi criada uma planilha de validação composta de três colunas. Na primeira coluna apresentamos o desafio que o estudante deve resolver e os parâmetros a serem levados em conta nessa resolução. Na segunda, foram propostas várias possibilidades de entendimento, em relação ao conteúdo da tarefa, sendo solicitado aos árbitros que marcassem cada uma dessas proposições de acordo com a escala gradual: (0) não adequada, (1) pouco adequada, (2) adequada, (3) muito adequada. Por fim, na terceira coluna os árbitros dispõem de um espaço para seus comentários e sugestões. A figura 03 ilustra parte da planilha de validação correspondente a primeira tarefa de simulação.

Atividades dos alunos	Com essa atividade, espera-se que o estudante em termos de conteúdo, manifeste seu entendimento sobre:	Observações
<p>Será dado aos alunos um papel impresso com as instruções abaixo e eles farão a atividade individualmente no computador</p> <p>Atividade 1</p> <p>Parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para resolver os problemas propostos, quando não especificado, pode-se considerar que os corpos estejam em planetas diferentes. • Considere as forças de resistência ao movimento desprezíveis. <p>Desafios</p> <p>1) Construa uma simulação em que os três corpos submetidos a forças diferentes chegam juntos ao solo. A posição dos corpos, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente marcadas.</p> <p>2) Construir uma simulação de forma que a velocidade do corpo 2 ao chegar ao solo seja o dobro das velocidades do corpo 1 e 3. A posição dos corpos, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente marcadas.</p>	<p>a - () a diferença entre grandezas escalares e vetoriais.</p> <p>b - () a relação escalar entre força e aceleração.</p> <p>c - () Compreenda a relação escalar entre força e velocidade.</p> <p>d - () Entenda os conceitos força, aceleração e velocidade como grandezas vetoriais.</p> <p>e - () compreenda a grandeza aceleração de queda livre/aceleração da gravidade.</p>	

Figura 03: Fragmento da planilha de validação – Atividade 1

Análise dos dados e discussão dos resultados

Antes de se iniciar a análise dos dados tabulados, resolvemos condensar as categorias “adequada” e “muito adequada”, assim como as “não adequadas” e “pouco adequadas”, obtendo, dessa forma, somente duas categorias a serem analisadas. Essa decisão foi tomada por entendermos que no processo de validação, essas categorias apresentaram equivalência nas marcações dos juízes.

Foi realizada uma análise exploratória desses dados através da utilização de um processo estatístico descritivo de frequência, o Índice Percentual de Concordância (IPC) (BRASIL, 2001) para cada uma das tarefas de simulação. Com o intuito de complementar a análise, calculamos o índice Kappa. Esse índice nos dá a medida da concordância entre dois árbitros que classificam uma série de unidades observacionais, excluindo dessa medida, no entanto, um percentual que corresponderia à marcação pelo acaso (XAVIER e AMANTES, 2017). LANDIS e KOCH (1977), visando estabelecer uma nomenclatura consistente ao descrever o nível de concordância associado a estatística Kappa, atribuíram faixas de valores para esse coeficiente, como observamos no quadro 01.

Valores do Coeficiente Kappa	Interpretação
< 0	Nenhuma Concordância
0 < k < 0,19	Concordância Pobre
0,20 < k < 0,39	Concordância Suave
0,40 < k < 0,59	Concordância Moderada
0,60 < k < 0,79	Concordância Substancial
0,80 < k < 1,00	Concordância Quase Perfeita

Quadro 01: Interpretação do Coeficiente Kappa. Fonte: Landis e Koch (1977)

O coeficiente Kappa foi calculado com a finalidade de avaliar a concordância entre as respostas dadas por cada árbitro e as dos autores desse trabalho.

Para a primeira atividade, o IPC entre os árbitros (figura 04) nos indica qual entendimento dos estudantes, em termos de conteúdo, pode ser melhorado com a realização dessa tarefa. As setas vermelhas representam as respostas esperadas pelos autores desse trabalho.

Observa-se que as alternativas (a), (b) e (e) apresentam um alto nível de concordância entre os árbitros, com percentuais entre 83% a 89%, indicando que essa atividade não é adequada para incrementar ou avaliar o conhecimento do estudante referente a diferença entre grandezas escalares e vetoriais (alternativa “a”), mas consideravelmente adequada no estabelecimento da relação escalar entre força e aceleração, assim como na compreensão da grandeza física aceleração da gravidade (alternativa “b” e “e”). Ainda, em relação a alternativa “a” os árbitros

apontaram que seria necessária uma atividade que envolvesse uma situação de movimento bidimensional para que ela se tornasse uma característica adequada dessa atividade. Apesar do percentual de concordância de adequação da alternativa “d” (aproximadamente 44%) e o percentual de inadequação dessa alternativa (aproximadamente 55%) serem relativamente próximos, seguindo o mesmo raciocínio utilizado para justificar a inadequação da alternativa “a”, temos convicção de que a alternativa “d” não é adequada para que o estudante compreenda ou manifeste seu conhecimento sobre o caráter vetorial dos conceitos força, aceleração e velocidade. A alternativa “c” apresentou um percentual de adequação modesto (aproximadamente 61%), e percebemos que o posicionamento dos árbitros que gerou esse resultado está alicerçado, segundo seus comentários, ao fato de que não existe relação direta entre força e velocidade. No entanto, essa alternativa evidencia uma das concepções não científicas mais presentes no estudo da mecânica (VIENNOT, 1979; (HALLOUN e HESTENES, 1985a; HALLOUN e HESTENES, 1985b; DISESSA, GILLESPIE e ESTERBY, 2004), justificando-se, dessa forma, sua permanência como uma importante característica dessa atividade.

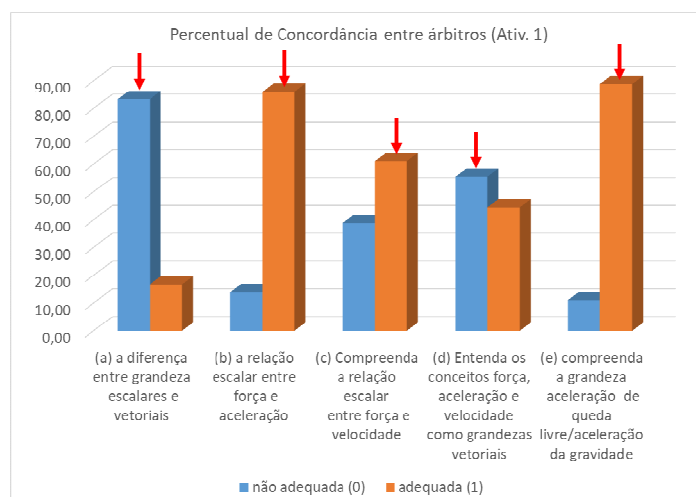


Figura 04: IPC – Atividade 1

Com base na análise feita a partir do IPC, excluiu-se a alternativa “d” e calculou-se o coeficiente Kappa para essa primeira atividade, sendo esse cálculo apresentado na tabela 01.

Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa
J.01	0,50	J.10	-0,33	J.19	0,50	J.28	0,50
J.02	1,00	J.11	0,20	J.20	0,50	J.29	1,00
J.03	0,50	J.12	0,50	J.21	1,00	J.30	0,20
J.04	1,00	J.13	1,00	J.22	1,00	J.31	0,50
J.05	-0,33	J.14	1,00	J.23	0,50	J.32	1,00
J.06	1,00	J.15	1,00	J.24	1,00	J.33	1,00
J.07	1,00	J.16	1,00	J.25	0,20	J.34	0,55
J.08	-0,50	J.17	1,00	J.26	0,50	J.35	0,20
J.09	0,50	J.18	1,00	J.27	0,20	J.36	0,50

Tabela 01: Coeficiente Kappa – Atividade 1.

Nessa tabela observamos que 33% da concordância dos árbitros pode ser considerada moderada enquanto que 44% está na faixa de concordância quase perfeita, reforçando os resultados obtidos com o IPC e nos dando fortes evidências da adequação dessa atividade tanto para estabelecer a relação escalar entre os módulos da força e aceleração resultante, quanto para caracterizar a grandeza física aceleração da gravidade.

Na figura 05 temos o fragmento da planilha de validação construído para que os árbitros avaliassem a atividade 02.

Atividades dos alunos Será dado aos alunos um papel impresso com as instruções abaixo e eles farão a atividade individualmente no computador	Com essa atividade, espera-se que o estudante em termos de conteúdo, manifeste seu entendimento sobre:	Observações
<p>Atividade 2</p> <p>Parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Considere as forças de resistência ao movimento desprezíveis. <p>Desafios</p> <p>1) Construa uma simulação que demonstre um mesmo corpo ora com movimento uniformemente variado e ora com movimento uniforme. A posição dos corpos, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente explicitada.</p> <p>2) Construir uma simulação do que acontece quando um corpo, que desliza sobre uma mesa horizontal, chega ao final dela e cai. A posição do corpo, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente marcadas desde o início do movimento.</p>	<p>a - () Compreenda a força como uma grandeza vetorial.</p> <p>b - () Compreenda o princípio de inércia.</p> <p>c - () Compreenda a relação escalar entre força resultante e aceleração.</p> <p>d - () compreenda a decomposição de movimentos em componentes vetoriais.</p> <p>e - () compreenda a ação da força para produzir variação na velocidade</p>	

Figura 05: Fragmento da planilha de validação – Atividade 2

Na figura 06, apresentamos o gráfico que nos fornece o IPC para a atividade 2. A compreensão do princípio de inércia, da relação escalar entre força e aceleração resultantes e da ação da força para produzir variação na velocidade obtiveram IPC de adequação dessas atividades entre 64% e 92%, o que nos permite concluir que esses três aspectos são adequados para essa atividade.

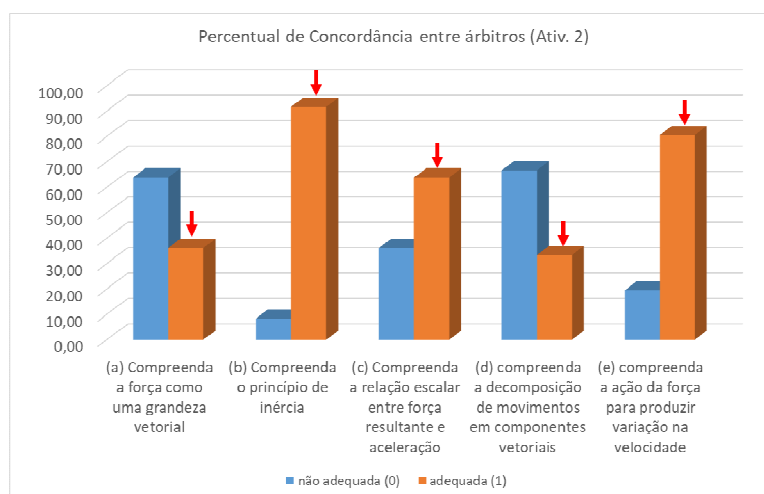


Figura 06: IPC – Atividade 2

A alternativa “a” obteve um IPC de inadequação de aproximadamente 63%, o que pode ser explicado pelos comentários dos árbitros que afirmam que, mesmo no lançamento horizontal proposto na segunda parte dessa atividade, a força peso não varia de direção e sentido, não sendo, dessa forma, uma boa atividade para revelar o caráter vetorial dessa grandeza física. Diante desses resultados e colocações optamos por excluir essa alternativa como característica dessa atividade. Por fim, a alternativa “d” apresentou um IPC de inadequação de aproximadamente 67%. No entanto, levando em consideração comentários que se repetiram nas observações feitas pelos árbitros, tais como “*Creio que o caráter vetorial de grandezas como força tornam-se mais explícitos em atividades que trabalhem com movimento bidimensional*” e “*Acredito que a composição de movimentos seria melhor observada em um lançamento horizontal (mais simples)*”, ajustamos o segundo desafio da atividade 2 para que se adequasse a essas observações e o mantivemos como características dessa tarefa, cientes de que essa decisão poderá ser confrontada com os resultados obtidos após a aplicação da

intervenção da qual essa atividade faz parte.

Para o cálculo do coeficiente Kappa para a atividade 02, excluímos a alternativa “a” e “d”, obtendo dessa forma 19% de concordância moderada e 56% de concordância quase perfeita (tabela 02), sendo possível afirmar a partir desses índices que essa atividade pode ser considerada adequada para as alternativas “b”, “c” e “e”.

Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa
J.01	1,00	J.10	0,00	J.19	1,00	J.28	1,00
J.02	1,00	J.11	0,00	J.20	0,00	J.29	1,00
J.03	1,00	J.12	1,00	J.21	1,00	J.30	0,40
J.04	1,00	J.13	1,00	J.22	0,40	J.31	-0,80
J.05	1,00	J.14	0,40	J.23	0,40	J.32	-0,50
J.06	1,00	J.15	1,00	J.24	1,00	J.33	0,40
J.07	1,00	J.16	1,00	J.25	-0,50	J.34	1,00
J.08	0,00	J.17	1,00	J.26	1,00	J.35	0,00
J.09	0,40	J.18	-0,50	J.27	1,00	J.36	0,40

Tabela 02: Coeficiente Kappa – Atividade 2

Na figura 07 ilustramos a atividade 3, cujo IPC é apresentado a seguir, na figura 08.

Atividades dos alunos	Com essa atividade, espera-se que o estudante em termos de conteúdo, manifeste seu entendimento sobre:	Observações
Será dado aos alunos um papel impresso com as instruções abaixo e eles farão a atividade individualmente no computador Atividade 3 Parâmetros: Considere as forças de resistência ao movimento desprezíveis. Desafios 1) Desenhe uma simulação, em uma superfície plana, para demonstrar como dois ou mais corpos com massas diferentes podem obter a mesma aceleração. A posição dos corpos, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente marcadas. 2) Construa uma simulação, em uma superfície plana, para demonstrar como dois ou mais corpos de mesma massa podem adquirir acelerações distintas. A posição dos corpos, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente marcadas. 3) Construir uma simulação para representar o que acontece quando um corpo que se desloca em linha reta é empurrado por uma força perpendicular à sua trajetória. A posição dos corpos, em intervalos de tempos iguais, devem ser estroboscopicamente marcadas.	a - () Compreenda a 2ª lei de Newton. b - () Compreenda a relação entre força resultante e velocidade do corpo. c - () a diferença entre o movimentos uniforme e o uniformemente variado. d - () compreenda a 3ª lei de Newton. e - () Explícite seu conhecimento sobre a composição de movimentos. f - () Compreenda o caráter dinâmico do princípio de inércia.	

Figura 07: Fragmento da planilha de validação – Atividade 3

O valor encontrado desse índice para as alternativas “a”, “b”, “d”, “e” e “f” estão compreendidos entre 69% e 98%. Concluímos então que essa atividade apresenta um bom nível de adequação em relação à compreensão da 2ª lei de Newton, da relação entre força resultante e velocidade do corpo e de composição de movimentos. Em relação à alternativa “b” os árbitros observaram que há uma incorreção conceitual, pois, a força resultante está relacionada à variação da velocidade no decorrer do tempo e não com a grandeza velocidade em si, como está descrito na planilha de validação. No entanto, como discutimos no caso da alternativa “c” da primeira atividade, a afirmação colocada, como está na planilha, tem como objetivo salientar a característica dessa atividade em levantar uma concepção não científica do conceito de força muito presente nas concepções dos estudantes.

Dentro dessa mesma faixa (com aproximadamente 86% de concordância), a alternativa “d” apresenta um alto nível de concordância de inadequação em relação a essa atividade, não se constituindo, como já previsto em nossa hipótese inicial, uma característica válida nesse caso.

Na alternativa “f” os árbitros, em sua maioria, discordaram da nossa avaliação em relação à adequação dessa característica para a atividade 03. A obtenção de um percentual de

concordância de 74% de adequação, em conjunto com os comentários dos árbitros, proporcionou uma reavaliação e consequente integração da mesma como característica da atividade 03. Em virtude da alternativa “c” apresentar de forma clara uma não concordância entre os árbitros, uma vez que 50% a julga como adequada e outros 50% como não adequada, decidimos excluí-la como característica da atividade em questão.

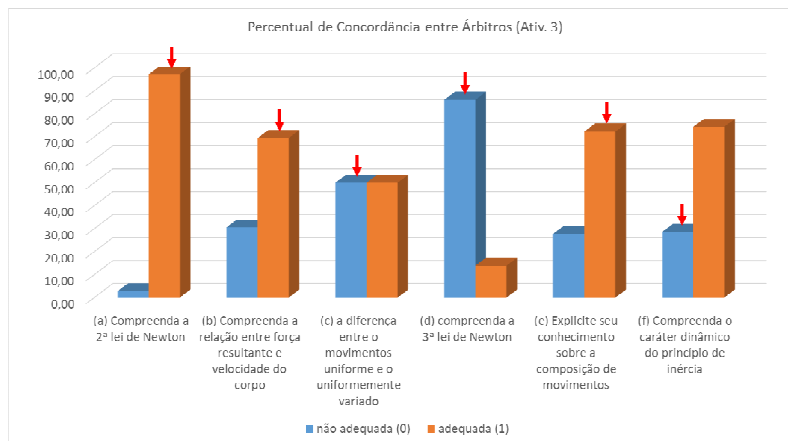


Figura 08: IPC – Atividade 3.

O cálculo do coeficiente Kappa para a atividade 03, excluindo-se a alternativa “c” e “f”, gerou a tabela 03, na qual podemos inferir um índice de concordância moderada de 53% e de concordância quase perfeita de 36%, se constituindo num bom indicativo da concordância dos árbitros em relação à adequação das características apresentadas nas alternativas consideradas.

Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa
J.01	0,50	J.10	0,20	J.19	1,00	J.28	0,50
J.02	-0,33	J.11	0,50	J.20	1,00	J.29	1,00
J.03	0,50	J.12	0,50	J.21	1,00	J.30	0,50
J.04	0,50	J.13	0,50	J.22	0,50	J.31	1,00
J.05	0,50	J.14	0,50	J.23	0,50	J.32	1,00
J.06	1,00	J.15	1,00	J.24	0,50	J.33	0,50
J.07	0,50	J.16	0,20	J.25	0,50	J.34	1,00
J.08	0,20	J.17	1,00	J.26	1,00	J.35	0,50
J.09	0,50	J.18	1,00	J.27	0,50	J.36	1,00

Tabela 03: Coeficiente Kappa – Atividade 3

A quarta e última tarefa de simulação (figura 09) avalia predominantemente objetos de conhecimento relacionados a 3ª lei de Newton. O seu IPC é apresentado na figura 10.

Atividades dos alunos	Com essa atividade, espera-se que o estudante em termos de conteúdo, manifeste seu entendimento sobre:	Observações
<p>Será dado aos alunos um papel impresso com as instruções abaixo e eles farão a atividade individualmente no computador</p> <p>Atividade 4</p> <p>Parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> Todas as formas de atrito devem ser desprezadas. Considerar a trajetória da Lua em torno da Terra como uma circunferência perfeita. Nosso sistema compreende a Terra e a Lua, devendo-se desprezar a interação com os demais corpos do universo. <p>Desafios</p> <ol style="list-style-type: none"> Construa uma simulação que demonstre as forças presentes na interação entre a lua e a terra. Construir uma simulação que represente o funcionamento de uma balança de molas, explicitando todas as forças presentes quando um objeto é nela pesado. 	<p>a - () Compreenda a 3ª lei de Newton.</p> <p>b - () Identifique a ação de forças como a força Normal e a força Peso.</p> <p>c - () Compreenda a força como uma grandeza vetorial.</p> <p>d - () Compreenda algumas aplicações da 2ª lei de Newton.</p> <p>e - () Identifique que o par de forças de ação e reação atuam em corpos diferentes.</p>	

Figura 09: Fragmento da planilha de validação – Atividade 4

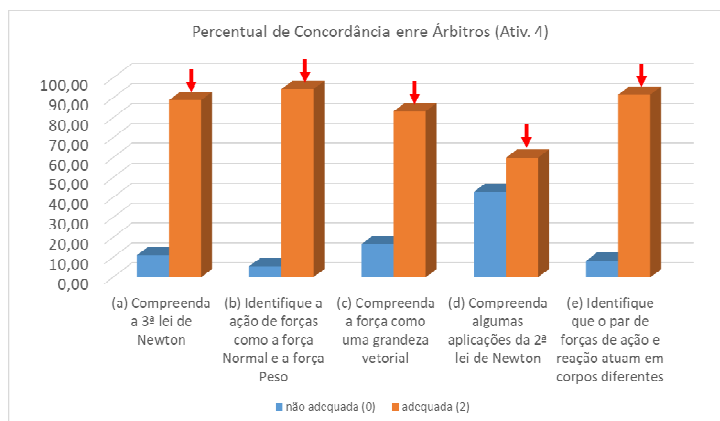


Figura 10: Índice Percentual de Concordância – Atividade 4

As alternativas “a”, “b”, “c” e “e” apresentam um IPC muito elevado (entre 83% e 95%), indicando a adequação dessas alternativas. Destoando dessas alternativas, mas ainda com um razoável percentual de concordância (cerca de 60%), a alternativa “d” mostra-se como uma característica adequada para essa atividade. Temos indícios nos comentários dos árbitros que esse percentual menor se dá pelo fato da atividade ser direcionada para o objeto de estudo 3ª lei de Newton, ocupando a interpretação da 2ª lei um papel secundário.

Por fim, apresentamos o coeficiente Kappa (tabela 04) para essa última atividade.

Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa	Juízes	Coef. Kappa
J.01	0,29	J.10	1,00	J.19	1,00	J.28	1,00
J.02	1,00	J.11	0,55	J.20	0,55	J.29	1,00
J.03	0,55	J.12	0,29	J.21	0,55	J.30	0,55
J.04	1,00	J.13	1,00	J.22	0,55	J.31	1,00
J.05	1,00	J.14	1,00	J.23	0,29	J.32	0,29
J.06	0,55	J.15	0,55	J.24	0,55	J.33	1,00
J.07	0,29	J.16	1,00	J.25	-0,36	J.34	1,00
J.08	0,29	J.17	1,00	J.26	1,00	J.35	-0,36
J.09	1,00	J.18	0,55	J.27	-0,25	J.36	1,00

Tabela 04: Coeficiente Kappa – Atividade 4

Confirmando a existência de considerável concordância entre as respostas dos árbitros e dos autores dessa pesquisa, obtivemos, 31% de concordância moderada e 44% de concordância quase perfeita, o que nos faz reafirmar que as características elencadas para essa última atividade se adéquam bem ao seu fim.

Considerações Finais

Nesse trabalho apresentamos o processo de criação e validação (por pares) de uma abordagem didática com quatro tarefas de simulação, que envolvem o conceito de “força” e que são partes constituintes de uma pesquisa mais ampla. A análise realizada neste artigo nos leva à compreensão da importância de um processo de validação para o refinamento e diminuição do enviesamento na obtenção e posterior análise dos dados coletados a partir dessa intervenção.

Ao final dessa análise, realizada através do cálculo do IPC, da obtenção do coeficiente Kappa e das observações e sugestões dos árbitros, consideramos que as tarefas de simulação foram validadas e estão prontas para serem aplicadas na intervenção educacional a que se destinam. É importante que observemos, nesse processo, que algumas alternativas que inicialmente se

adequavam à atividade a partir de uma análise preliminar dos pesquisadores, tiveram que ser excluídas a partir da validação por pares. Da mesma forma, tivemos a inclusão de uma das características da atividade 3, quando na mesma análise preliminar, essa não havia sido selecionada como adequada por nós. Esse fato reforça a importância e necessidade da validação do instrumento para torná-lo mais válido e confiável.

Consideramos que a apresentação de um desenho coerente da criação e validação dessas tarefas se constitui em uma importante contribuição metodológica para a área de ensino de ciências da natureza, tendo como resultado final um instrumento de intervenção mais eficaz para atingir seus objetivos de ensino-aprendizagem.

Referências

- AMANTES, A.; COELHO, G. R.; MARINHO, R. A medida nas pesquisas em educação: empregando o modelo Rasch para acessar e avaliar traços latentes. *Revista Ensaio, Belo Horizonte*, v. 17, n. 3, p. 657-684, setembro/dezembro 2015. ISSN <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172015170306>.
- ANDRADE, D. F.; TAVARES, R.; VALLE, R. C. *Teoria de Resposta ao Item*. 2000.
- BRASIL. Projeto SB2000 Condições de Saúde Bucal da População Brasileira no ano 2000. Ministério da Saúde. Brasília, p. 31. 2001.
- DISESSA, A. A.; GILLESPIE, N. M.; ESTERBY, J. B. Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, v.28, p. 843-900, Setembro 2004.
- GOLAFSHANI, N. Understanding Reliability and Validity in Qualitative Research. *The Qualitative Report, Toronto*, v. 8, n. 4, p. 597-607, dezembro 2003.
- HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, Novembro 1985a. 1056-1065.
- HALLOUN, I. A.; HESTENES, D. The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, v. 53, p. 1043-1055, Novembro 1985b.
- HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER. Force Concept Inventory. *Physics Teacher*, v. 30, 1992.
- KIRK, J.; MILLER, M. L. The Problem of Validity. In: _____ Reliability and Validity in Qualitative Research. [S.l.]: SAGE, 1986. p. 127-154.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *International Biometric Society*, v. 33, n.1, p. 159-174, Março 1977.
- LASRY, N. et al. The puzzling reliability of the Force Concept Inventory. *American Journal of Physics*, v. 79, n.9, p. 908-912, September 2011. ISSN DOI: 10.1119/1.3602073.
- MARTINS, G. D. A. Sobre Confiabilidade e Validade. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios, São Paulo*, v. 8, n. 20, p. 1-12, janeiro/abril 2006.
- MCDERMOTT, L. C.; REDISH, E. F. Resource Letter: PER-1: Physics Education Research, v. 67, n. 9, p. 754-767, September 1999. ISSN doi: 10.1119/1.19122.
- PASQUALI, L. *Psicometria: Teoria dos testes na psicologia e na educação*. 3. ed. Petrópolis (RJ): Vozes, 2009.
- VIENNOT, L. Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. *International Journal of Science Education*, v. 1, n. 2, p. 205-221, fevereiro 1979.
- XAVIER, A. P.; AMANTES, A. Construção e validação de uma atividade investigativa para o Ensino de Pêndulo Simples. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. olis (SC): [s.n.]. 2017.