

IMPACTO DA FERRAMENTA MODELLUS X A NÍVEL MUNDIAL

GLOBAL IMPACT OF THE MODELLUS X TOOL

Pedro Duque Vieira¹, Veronika Kozlova², João Pedro Valente³

Abstract — *Modellus X is a mathematical modelling tool that enables students and teachers from high school to university to create or explore models in an interactive and integrated way. Modellus X can be used in the introduction to computer modeling allowing an easy and intuitive creation of models using only standard mathematical notation. For having the possibility to create animations using interactive objects with mathematical properties expressed in the model, it allows the exploration of multiple representations, the analyses of experimental data integrating images, animations, graphs and tables. The main focus of the tool is to demystify mathematical modeling giving meaning to the physical representation of models. Its aid in teaching has been tested in innumerable works (Master and PhD thesis) with the unanimous conclusion of its potential to significantly improve the students understanding of subjects when integrated as a working tool in the classroom.*

Index Terms — *Autoaprendizagem, Matemática, Modulação Computacional, Simulador.*

INTRODUÇÃO

O ensino da matemática e da física nunca foi uma tarefa que se revelasse fácil e a sua aprendizagem parece pertencer apenas a alguns bons alunos, cujas suas capacidades inatas permitem, perceber a modulação e interliga-la à realidade. Falar de matemática e física é falar de disciplinas rotuladas como complexas em que muitos não se identificam. Este fenómeno, devesse não só a uma pedagogia mal adaptada e falta de meios adequados, mas também podem estar ligados a fatores mentais e psicológicos [1], como por exemplo a discalculia, muitas vezes não identificada pelos professores [2]. Muitas têm sido as reflexões e abordagem para alterar este paradigma, mas ainda não existem soluções satisfatórias capazes de alterar o conceito “A Matemática é difícil” [3]. Este conceito é transversal a todos os níveis de ensino, do básico ao universitário e tende a persistir. Novas abordagens pedagógicas, são sempre bem-vindas e o advento da informática abriu uma nova janela de oportunidades para o uso de ferramentas computacionais especializadas para o efeito. Em particular a possibilidade de realizar atividades experimentais em ambiente virtual, permite, além das vantagens económicas e de segurança, disponibilizar uma

forma de ensino-aprendizagem alternativo com possibilidade de alunos realizarem a ponte entre o modelo matemático e a realidade, através da criação de simulações e animações dos mesmos [4]. Neste âmbito são sugeridas várias abordagens para a utilização de ferramentas digitais [5] e reflexões sobre a utilização das mesmas [6]. Como exemplos, podemos citar o Interactive Physics: *Physics Simulation Software for the Classroom*, STELLA (*short for Systems Thinking, Experimental Learning Laboratory with Animation*; also marketed as *iThink*), introduzido por Barry Richmond, utiliza uma linguagem de programação visual para a modulação de sistemas dinâmicos [7], xyZET: *A Simulation Program for Physics Teaching* [8], Graphs and Tracks Model (*open source physics*) escrito por Wolfgang Christian and Mario Belloni [9], Easy Java Simulations, ferramenta Modellus [10], Geogebra, Algodoo e Yenka.

O Modellus foi um projeto iniciado pelo Prof. Vitor Teodoro, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa que publicou, em junho de 2000, o manual do Modellus 2.01. O interesse desta ferramenta tem crescido quer pelo número de publicações que lhe são dedicadas, como pelo número de teses de mestrado e doutoramento que serviu como objeto de estudo. Neste estudo, analisamos o impacto da ferramenta Modellus a nível mundial.

FERRAMENTA MODELLUS

Modellus 2.5 foi a primeira grande versão do Modellus, criado por Vitor Duarte Teodoro, com a colaboração de João Paulo Duque Vieira e Filipe Costa Clérigo introduzia alguns conceitos chave desta ferramenta, com a possibilidade de criar um modelo com base em expressões matemáticas e interagir depois com ele através de animações, gráficos e valores em tabela. Apenas tinha suporte para executar em sistemas operativos Windows antigos.

Mais tarde foi desenvolvida a versão 4.01 por Vitor Duarte Teodoro, João Paulo Duque Vieira e Pedro Duque Vieira esta é uma reimplementação total da versão original do Modellus, com novas funcionalidades, nova interface, adaptações na usabilidade e suporte para multi-plataforma. O mesmo grupo criou depois a versão 4.5 adicionando mais algumas funcionalidades à versão 4.01 e melhorando o suporte para multi-plataforma. É à relativamente pouco tempo que surge o Modellus X, desenvolvido por Pedro

¹ Pedro Duque Vieira, Eng. Informático, Empresário. Criador do Modellus X e do seu sítio, pedro.duquevieira@gmail.com

² Veronika V. Kozlova, PhD, Professor Adjunto no Instituto Politécnico de Castelo Branco, veronika@ipcb.pt

³ João Pedro S.S. Valente, PhD, Professor Adjunto no Instituto Politécnico de Castelo Branco, valente@ipcb.pt

Duque Vieira, inspirando-se no Modellus é novamente uma reimplementação usando tecnologia recente substituindo a já obsoleta tecnologia gráfica usada no Modellus 4.x. Encontra-se ainda em versão beta.

As principais características desta ferramenta consistem na capacidade de criar e explorar modelos matemáticos. O Modellus X pode ajudar os alunos na aprendizagem ao criar, simular e analisar modelos matemáticos de forma interativa no computador. Para criar um modelo, os utilizadores inserem equações e expressões matemáticas convencionais (funções, equações diferenciais e iterações). Não é usada nenhuma linguagem de programação ou comandos especiais. Para criar uma animação do modelo: escolhem-se objetos, como imagens ou vetores, e atribuem-se propriedades, como posição ou tamanho. A interface inclui gráficos e tabelas.

O Modellus X pode ser usado de forma exploratória (o utilizador explora modelos criados por outros) ou como um “ambiente de autor”. Os modelos como qualquer outra janela podem ser escondidos e / ou protegidos.

O Modellus X vem com exemplos pré-construídos, interativos, que ilustram muitos conceitos científicos. Há também muitos outros disponíveis no sítio ou a partir de projetos curriculares. Foi concebido de forma a oferecer um pacote de software com base pedagógica. Pode ajudar professores e alunos a se familiarizarem com a Matemática e a Física. O *download* do Modellus X pode ser feito no sítio: <http://modellus.co/>.

As versões atualmente disponíveis são Modellus X 0.4 para o Windows 32bits e 64bits, Linux e Mac OS. Encontra-se traduzido para Português (Portugal), Espanhol (Castelhano), Catalão, Checo, Mandarim (Taiwan), Mandarim (China), Português (Brazil), Francês, Inglês (Reino Unido), Eslovaco, Holandês, Alemão e Grego.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foram pesquisados artigos sobre o Modellus utilizando a b-on e Google, e para os trabalhos académicos foi utilizada a Biblioteca Digital Vêrsila. No estudo do impacto do modellus a nível mundial, foram utilizados os dados do Google Analytics do sítio do Modellus.

IMPACTO DO MODELLUS NA SALA DE AULA

Desde o aparecimento das primeiras versões da ferramenta Modellus que surgiram trabalhos no âmbito académico, teses de mestrado e doutoramento, que se debruçaram sobre o impacto do mesmo na melhoria da aprendizagem das ciências exatas por parte de alunos do ensino básico, médio, secundário e universitário. A metodologia mais utilizada foi a criação de um grupo de teste, onde foram introduzidas

tarefas a realizar com o *software* Modellus e outro grupo que manteve os métodos tradicionais, os resultados apresentaram sempre grande concordância nas vantagens da utilização desta ferramenta para o ensino da Física e Matemática. Por exemplo, em [11] os resultados mostraram que houve uma melhoria estatisticamente significativa no grupo de teste em relação ao grupo tradicional, além de ter aumentado a motivação e receptividade para a utilização do Modellus. Seguiram-se vários outros trabalhos: - A compreensão do conceito de periodicidade e do seu formalismo matemático por parte dos alunos do 1ºAno do ensino médio foi maior com a utilização do Modellus [12]; - Utilizando a mesma metodologia que em [11] mas agora para circuitos elétricos em [13] obtiveram-se resultados estatisticamente significativos que mostram o potencial do Modellus e na opinião dos autores do estudo, a exigência de interação, dos alunos com as atividades computacionais, dos alunos entre si e com o professor, criou um elemento motivador para a aprendizagem. Em [14] é feito mais um estudo, contextualizando com alguma experiências da história da ciência como descrita na obra “*Discursos e Demonstrações Matemáticas acerca de Duas Novas Ciências*” (1638), de Galileu Galilei (1564-1642), onde são exploradas as leis da física na queda dos corpos utilizando a simulação computacional com o *software* Modellus e em [15] é utilizado o Modellus como recurso complementar no ensino da Física Térmica. Em [16] são obtidos os mesmos resultados que em [11], em [17] é estudado o seu impacto no ensino da mecânica e em [18] da cinemática, mostrando-se nos dois estudos um elemento motivador e promotor de aprendizagem. A cinemática da teoria da relatividade restrita é abordada em [19] e o público alvo são alunos da licenciatura em Física com o objetivo de os familiarizar com o Modellus como futuros professores de Física. Em [20] é feito um estudo para aumentar o grau de compreensão de astronomia, cinemática e termodinâmica e desenvolver tópicos de Física no contexto das aulas de Matemática no ensino fundamental com alunos de quinta a oitava série, em escolas públicas. Com o objetivo de contribuir para a redução de dificuldades dos alunos do 11º ano de escolaridade na interpretação dos gráficos, foi implementada durante 6 semanas uma estratégia de aprendizagem no âmbito dos gráficos de cinemática, totalmente baseada nas tecnologias, propiciando aos alunos um envolvimento ativo que conduza a uma aprendizagem significativa [21]. Em [22] apresentam-se algumas sugestões de atividades didáticas orientadas para o estudo da cinemática, envolvendo a análise digital de vídeo através do Tracker, acompanhadas de análise de dados em Excel, e modelação, recorrendo ao Tracker e/ou ao Modellus. Em [23] estruturou-se material didático, para o ensino de dinâmica com a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (Modellus, Tracker) tendo como resultado uma evolução positiva no sucesso escolar dos alunos, evidenciada por uma diferença estatisticamente significativa. Com objetivo de encontrar estratégias de ensino que permitam ajudar os alunos a

entender conceitos de cinemática e dinâmica, em [24], efetuou-se um estudo de caso numa turma do décimo primeiro ano onde foi introduzida a utilização de programas de simulações (Modellus) e de aquisição de dados experimentais (Tracker); os resultados obtidos permitem concluir que o programa Modellus é uma ferramenta eficaz para melhorar o entendimento dos alunos na área da cinemática. Em [25] é abordada a utilização do *software* educativo Modellus em contexto de sala de aula de Física e Química. Os modelos físicos voltam a ser abordados com recurso ao Modellus com fins pedagógicos, no ensino médio tendo como base a preposição “Como as coisas caem?”, e numa análise qualitativa das respostas a uma questão de avaliação, foi possível refletir a respeito das potencialidades e limitações, onde se verificou alguma confusão entre atividade experimental e modelização computacional, mas um aumento da motivação por parte dos alunos para o uso do Modellus [26].

São também de referir algumas teses de doutoramento, começando por referenciar a de V. Teodoro em 2002 [27] que antecede todos os outros trabalhos em torno do *software* Modellus. Em 2007 é feita uma pesquisa que investiga a Modelagem Matemática como caminho metodológico para a aprendizagem do conhecimento de função Afim, Quadrática e Exponencial, em situações que utilizam a construção de simulações no computador e os resultados mostraram facilidade na utilização do Modellus e na compreensão das funções implementadas [28]. Noutro estudo, investigam-se as possibilidades de Cenários Educacionais Informatizados como alternativas estratégicas de uso de produtos da tecnologia informática para o desenvolvimento de processos cognitivos onde é incluído o *software* Modellus além de espaços virtuais de comunicação – *chat*, *e-mail*, listas de discussão, *whiteboard*, *forms*, entre outros; Mapas Conceituais/Mentais; imagens e representações para o ensino à distância, destacando-se autonomia, responsabilidade, liderança, capacidade para negociação e decisão, capacidade de inferência, dedução, possibilidade de realização de análise e síntese, regras de conduta que permitam a convivência e as trocas de conhecimentos [29]. Em [30] usando uma metodologia semelhante a [11] concluíram que a integração entre esses dois tipos de atividades pode proporcionar aos alunos uma visão epistemológica mais adequada sobre os papéis dos modelos teóricos, do laboratório e do computador, e promover a interatividade e promovendo a autoaprendizagem, transformando a sala de aula num ambiente propício para uma aprendizagem significativa. Já em 2016 é feito mais um estudo que seguiu os aspetos metodológicos de uma investigação do tipo quasi-experimental, envolvendo cinco professores de Ciências Físico – Químicas, e 216 alunos do 7º ano de escolaridade, de três escolas da região norte de Portugal. A administração de testes conceituais e a entrevista semiestruturada foram as principais técnicas utilizadas, cujos dados foram tratados e analisados através de uma análise quantitativa e de uma

análise de conteúdo e os resultados confirmam, regra geral, os obtidos noutros estudos, embora aqui aplicado ao conceito de peso e massa, ou seja, a utilização de simulação computacional com o Modellus ajuda os alunos a compreenderem os conceitos físicos e promove a aprendizagem [31]. Apesar de este levantamento ter sido feito tendo em conta apenas Portugal e Brazil, existem muitos outros países que têm apostado no Modellus e desenvolvido modelos para o ensino da Física e Matemática, como também uma quantidade enorme de sítios da Internet com vídeos explicativos. Para uma visão mais geral do impacto a nível mundial do Modellus, optamos por usar o Google Analytics que é abordado na secção seguinte.

GOOGLE ANALYTICS

O Google Analytics é um serviço gratuito oferecido pela Google, aos utilizadores das suas contas e que desejem registar o seu sítio para análise. Desta forma todas as visitas são registadas e estatísticas do tipo de público visitante, dispersão geográfica, fluxos de navegação, entre outros, são disponibilizadas ao detentor do sítio.

Os dados aqui apresentados reportam a uma análise feita ao período de 1 de Março de 2013 a 8 de Agosto de 2016.



FIGURA. 1

VISÃO GERAL DAS PAGINAS MAIS CONSULTADAS NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016

A partir da Figura 1 podemos observar que o número de visualizações contando com repetições é de 184mil e o número de visitas por utilizador é de 145mil. O tempo médio na página é de 2 minutos e 33 segundos, a designada taxa de rejeição que corresponde ao utilizador entrar numa página e abandona-la sem saltar para outra página do sítio é de 43,31% e as saídas de 46,53%. A maior parte dos acessos ao sítio do Modellus X tem como finalidade realizar *download*, seja em português, inglês, espanhol ou outra língua, sendo que as outras mudanças de página estão associadas à troca da língua.

Sub Continent	Acquisition			Behavior		
	Sessions	% New Sessions	New Users	Bounce Rate	Pages / Session	Avg. Session Duration
	86,168 % of Total: 100.00% (86,168)	73.90% Avg for View: 73.72% (0.23%)	63,676 % of Total: 100.23% (83,527)	43.31% Avg for View: 43.31% (0.00%)	2.14 Avg for View: 2.14 (0.00%)	00:02:56 Avg for View: 00:02:56 (0.00%)
1. South America	49,051 (56.92%)	74.89%	36,733 (57.69%)	41.53%	2.05	00:03:09
2. Southern Europe	13,839 (16.06%)	65.81%	9,107 (14.30%)	44.44%	2.49	00:02:56
3. Central America	6,334 (7.35%)	73.24%	4,639 (7.20%)	42.74%	2.15	00:03:06
4. Western Europe	5,180 (6.01%)	77.47%	4,013 (6.30%)	36.41%	2.26	00:02:35
5. Northern Europe	4,178 (4.85%)	74.41%	3,109 (4.88%)	40.16%	2.10	00:02:16
6. Northern America	2,046 (2.37%)	92.86%	1,900 (2.98%)	78.98%	1.47	00:00:52
7. Eastern Europe	1,950 (2.26%)	70.72%	1,379 (2.17%)	42.41%	2.30	00:02:37
8. Eastern Asia	1,406 (1.63%)	65.50%	921 (1.45%)	49.00%	2.63	00:02:53
9. (not set)	683 (0.79%)	94.58%	646 (1.01%)	85.80%	1.20	00:00:29
10. Southeast Asia	483 (0.56%)	81.78%	395 (0.62%)	48.65%	1.82	00:02:45

FIGURA. 2

ESTATÍSTICA POR SUBCONTINENTES QUE MAIS VISITAS FIZERAM AO SÍTIO NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016

Numa análise feita por subcontinentes Figura 2, podemos observar a partir dos três primeiros que a origem dos utilizadores do sítio do Modellus X distribui-se 57% pela América do Sul, 16% pelo sul da Europa e 7% pela América Central.

Country	Sessions	New Users	Contribution to total: New Users
	86,168 % of Total: 100.00% (86,168)	63,676 % of Total: 100.23% (83,527)	
1. Brazil	20,787	23.84%	
2. Colombia	10,103	11.58%	
3. Argentina	9,033	11.35%	
4. Mexico	5,207	5.95%	
5. Greece	5,200	5.65%	
6. Portugal	4,626	3.83%	
7. Netherlands	4,093	4.97%	
8. Ecuador	3,571	4.10%	
9. Spain	3,300	4.02%	
10. Denmark	2,709	3.01%	

FIGURA. 3

ESTATÍSTICA DOS 10 PAÍSES QUE MAIS VISITAS FIZERAM AO SÍTIO NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016

Quando analisamos por países, Figura 3, verificamos que os maiores adeptos do sítio do Modellus X são do Brasil com 24%, seguido da Colômbia com 12% e a Argentina com 11%. De notar que Portugal aparece apenas com 3,8% atrás da Grécia. Podemos também verificar que o sítio tem sido visitado um pouco por todo o mundo contando com visitas de 144 países diferentes.

Análise específica para a América do Sul onde se verifica a maior incidência de visualizações e o surgimento de novos utilizadores.

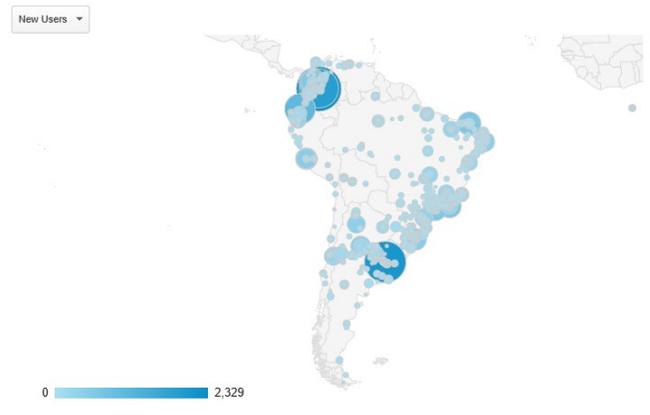


FIGURA. 4

DISPERSÃO DE NOVOS UTILIZADORES PELA AMÉRICA DO SUL NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016.

Olhando para a dispersão de novos utilizadores na América do Sul, Figura 4 e especificando por cidades Figura 5, surge em primeiro lugar Bogota 11,8% seguida de Buenos Aires 5,2% e em terceiro Medellin 4,2%, havendo também utilizadores onde não é possível saber a sua proveniência. É de realçar que são registados novos visitantes de mais de 900 cidades diferentes só da América do Sul.

City	Sessions	Contribution to total: Sessions
	49,051 % of Total: 98.92% (86,168)	49,051 % of Total: 98.92% (86,168)
1. Bogota	5,788	11.82%
2. Buenos Aires	2,539	5.18%
3. (not set)	2,072	4.22%
4. Medellin	2,015	4.11%
5. (not set)	2,008	4.09%
6. Rio de Janeiro	1,548	3.16%
7. Quito	1,474	3.01%
8. La Victoria	1,160	2.36%
9. Fortaleza	1,032	2.10%
10. Sao Paulo	953	1.94%

FIGURA. 5

ESTATÍSTICA DAS 10 CIDADES DA AMÉRICA DO SUL COM MAIOR NÚMERO DE NOVOS VISITANTES NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016

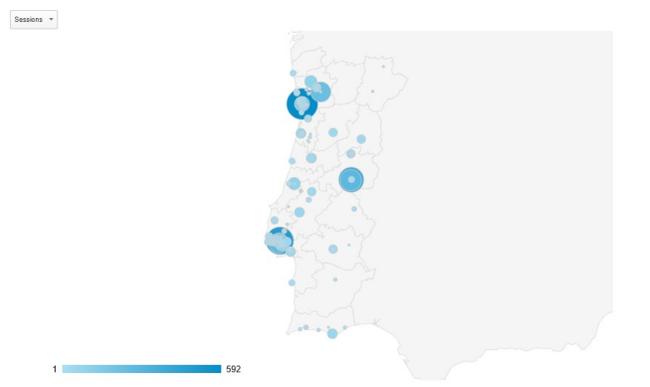


FIGURA. 6

DISPERSÃO DE SESSÕES POR PORTUGAL NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016.

Analisando o caso particular de Portugal, origem do Modellus X, o mapa das dispersões por cidades, Figura 6, mostra pouco denso e pouco disseminado e, olhando à estatística por cidades, Figura 7, surge primeiro o Porto com 16,2%, seguindo-se Castelo Branco com 14,8% e em terceiro Lisboa com 13,9%, revelando uma fraca adesão.

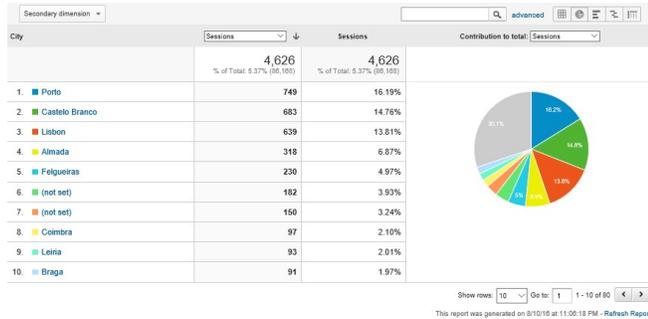


FIGURA. 7

ESTATÍSTICA DAS 10 CIDADES DE PORTUGAL COM MAIS SESSÕES ABERTAS NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016.

Nas línguas mais utilizadas, Figura 8, surge em primeiro lugar o espanhol seguido do português do Brasil e em terceiro o inglês dos Estados Unidos. Estas deverão ser as línguas que deverão merecer maior atenção, no entanto surgem visitantes de outras línguas para as quais o sítio do Modellus X não apresenta tradução.

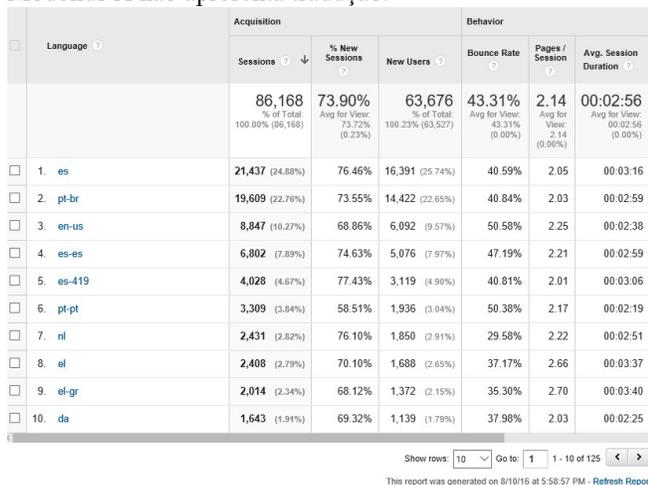


FIGURA. 8

ESTATÍSTICA DAS LÍNGUAS MAIS UTILIZADAS NA CONSULTA AO SÍTIO NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016.

Outro aspeto que importa perceber é qual a principal razão pela qual o sítio é visitado. Para tentar dar essa resposta, o Google Analytics disponibiliza o relatório Fluxo de Comportamento onde são expostos os caminhos percorridos pelos utilizadores dentro do sítio do Modellus, Figura 9. Da análise deste relatório, verificamos que o maior interesse da visita é o do download do programa, mesmo quando esse download é feito no segundo ou terceiro clique do rato, as

operações que lhe antecedem são mudanças de língua do sítio.

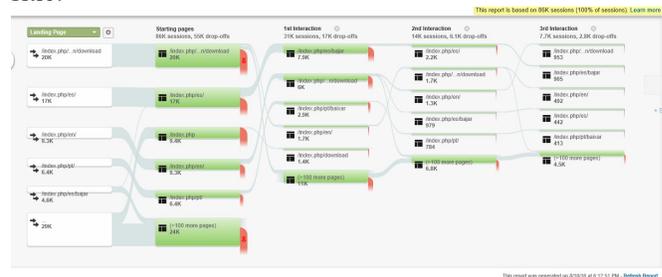


FIGURA. 9

FLUXO DE COMPORTAMENTO NO SÍTIO NO PERÍODO DE 1 DE MARÇO DE 2013 A 8 DE AGOSTO DE 2016.

Por último, podemos verificar que após o lançamento da última versão beta do programa Modellus X, só num ano registaram-se mais de 6000 downloads, mostrando que há um verdadeiro interesse neste software.

ANÁLISE DE RESULTADOS E CONCLUSÃO

Da análise, não exaustiva, feita ao número de teses de mestrado e doutoramento produzidas em Portugal e no Brasil que pesquisamos, podemos concluir, que o uso do Modellus em sala de aula, trás benefícios estaticamente confirmados para o processo de aprendizagem, motivação e autoaprendizagem dos alunos. A capacidade de se poder criar modelação matemática ao mesmo tempo que é acompanhada de gráficos e simulações de experiências físicas, ajuda a compreender o formalismo matemático, a prever os resultados das experiências e favorece a interação entre alunos e professores. Por outro lado, o facto de os modelos poderem ser criados sem recurso a programação, permite que possa ser usado como ferramenta de auxílio à aprendizagem desde o básico até ao nível universitário. Verificamos também que o Modellus tem sido motivo de trabalhos científicos noutros países com resultados semelhantes, mas optámos por limitar a nossa pesquisa restrita apenas a Portugal e Brasil.

Na visão geral do impacto da ferramenta Modellus X a nível mundial, optamos por analisar de uma forma mais distante a distribuição geográfica dos visitantes do sítio, bem como, o seu interesse no mesmo. Dos resultados apresentados, destacamos o facto do Modellus X ser mais popular nos países da América do Sul essencialmente latino americanos, representando 57% contra 16% pelo Sul da Europa, o que também se reflete na língua mais utilizada nas sessões 24% espanhol e 23% português do Brasil. Em termos de dispersão mundial, o sítio já teve visitantes de pelo menos 144 países o que revela que o Modellus X se trata de uma ferramenta didática, com interesse geograficamente generalizado.

A partir deste estudo, do número de trabalhos que certificam o Modellus como uma ferramenta didática de valor confirmado seria desejável, que houvesse da parte, principalmente de Portugal, Brasil e restante América Latina

uma aposta na finalização do mesmo com a criação de manuais escolares integrados nos programas curriculares de cada país de forma a cultivar nos alunos uma cultura de autoaprendizagem e descoberta, ligando a ciência e os seus formalismos à vida real.

REFERÊNCIAS

- [1] Almeida C.S. *Dificuldades de aprendizagem em matemática e a percepção dos professores em relação a fatores associados ao insucesso nesta área*. [monografia]. Brasília (DF): curso de Graduação em Matemática, Universidade Católica de Brasília; Brasil, 2006.
- [2] Dias, M. D. A. H., Pereira, M. M. D. B., & BORSEL, J. V., *Avaliação do conhecimento sobre a discalculia entre educadores*. *Audiol., Commun. res*, 18(2), 2013 ,93-100.
- [3] da Silva, J. A. F. *Refletindo sobre as dificuldades de aprendizagem na matemática: algumas considerações*. Universidade Católica de Brasília, 2005.
- [4] BARRETO, L.P.; SILVA, S.R.X. *Desenvolvimento de um Laboratório Virtual para Ensino de Física em Cursos de Engenharia através de Physlets*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, COBENGE, 39, Blumenau, SC, 2011. Anais... Blumenau, 2011.
- [5] Sahin, S. *Computer Simulations in Science Education: Implications for Distance Education*. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 2006, 7(4).
- [6] Ramos J., Teodoro V. D., Ferreira F. M., *Recursos educativos digitais: reflexões sobre a prática*, 2011.
- [7] RICHMOND, B. et al. *An academic user's guide to STELLA. Lyme: High Performance System*, 1987.
- [8] Hermann Härtel, H. *xyZET: A Simulation Program for Physics Teaching*, *Journal of Science Education and Technology* Vol. 9, No. 3 2000, pp. 275-286
- [9] Wilkinson, L.K. *Physics Academic Software: Graphs and Tracks*, Article in *The Physics Teacher* 1995,33(4) .
- [10] Bezzon, G., Furlan, L. G., Vilela, B. M. *Aplicação do Software Modellus para Desenvolvimento de Laboratórios Virtuais em Cursos de Engenharia*. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, 2015, 10(10).
- [11] Araujo, I. S. Um estudo sobre o desempenho de alunos de física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos em cinemática. 111 (Tese de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2002.
- [12] Da Silva Ignácio, R. *Concepções sobre periodicidade em atividades de modelagem*. (Tese de Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Porto Alegre, Brasil, 2002.
- [13] Dorneles, P. F. T. *Investigação de ganhos na aprendizagem de conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos por usuários da ferramenta computacional Modellus*, (Tese de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- [14] César, R. *O Uso de experimentos históricos no ensino da Física: Integrando a as dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula*. (Doctoral dissertation). Universidade de Brasília, Brasil, 2006.
- [15] Cenne, A. H. H. (2007). *Tecnologias computacionais como recurso complementar no ensino de física térmica*, (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2007.
- [16] Santos, J. R. G. D. (2009). *Investigação do uso de atividades de modelagem computacional no ensino de física e de matemática*. (Tese de Mestrado). Universidade Federal de Alagoas, Maceio, Brasil, 2009.
- [17] Mendes, J. F. *O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de Mecânica sob a perspectiva da aprendizagem significativa* (Doctoral dissertation). Universidade de Brasília, Brasil, 2009.
- [18] Andrade, M. E. D. O uso das novas tecnologias da informação e comunicação no ensino de física: uma abordagem através da modelagem computacional. (Tese de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2010.
- [19] Dias, L. F. A *Noção de Referencial: uma interação cognitiva entre a mecânica newtoniana e a relativística*. (Doctoral dissertation), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2010.
- [20] Oliveira, M. P. D. *Ensinando física em aulas de matemática no ensino fundamental*. (Tese de Mestrado), Universidade de Brasília, Porto Alegre, Brasil, 2011.
- [21] Ramos, I. C. P. D. N. Construção e interpretação de gráficos de cinemática com o Software Modellus: um estudo com alunos do 11º ano de escolaridade (Master dissertation), Univesridade de Lisboa /Instituto de Educação, Portugal, 2011
- [22] Ferreira, Á. M. F. *A Análise Digital de Vídeo e software exploratório no ensino da Física* (Doctoral dissertation), Universidade Nova de Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal, 2012
- [23] Rosa, R. D. S. *Tecnologias da informação e comunicação como recurso instrucional para uma unidade didática sobre a relação entre força e movimento*. (Tese de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2012.
- [24] Coutinho, I. C. R. F. *Relatório profissional. O currículo das ciências e um estudo de caso* (Doctoral dissertation). Universidade nova de Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal, 2014.
- [25] Candeias, A. A. R. *Utilização de software educativo no ensino da física no ensino secundário*, (Tese de Mestrado), Universidade de Évora, Portugal, 2014.
- [26] Santos, I. M. D. *Uma Proposta de Uso de Modelização no Ensino de Física com Turmas do Primeiro Ano do Ensino Médio*. (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2014.
- [27] Teodoro, V. *Modellus: learning physics with mathematical modelling*. Lisboa, (Tese de doutoramento), Universidade Nova de Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal, 2002.
- [28] Alves do Nascimento, R. *Modelagem matemática com simulação computacional na aprendizagem de funções*, (Tese de doutoramento), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2007.
- [29] Santos, S. C. *Modelagem de cenários telemáticos como estratégia cognitiva para trabalhar conceitos físico-químicos: indicadores de aprendizagem*. (Tese de doutoramento). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- [30] Dorneles, P. F. T. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em Física Geral. (Tese de doutoramento). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2010.
- [31] Sarabando, C. M. F. *As Simulações Computacionais na Aprendizagem dos Conceitos de Peso e de Massa no Ensino Básico* (tese de Doutoramento). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, 2016.