

## VISUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: APONTAMENTOS PARA A PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS EDUCACIONAIS

**Leila Cardoso Teruya e Guilherme Andrade Marson\***

Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes, 748, 05508-000 São Paulo - SP, Brasil

**Celeste Rodrigues Ferreira e Agnaldo Arroio**

Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, Av. da Universidade, 308, 05508-040 São Paulo - SP, Brasil

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
BAMBED 2001, 29, 3	Computer-Assisted Simulations Of Phosphofruktokinase-1 Kinetics Using Simplified Velocity Equations	Roy H; Diwan J; Segel L D; Segel I H	EUA	Recurso didático	phosphofruktokinase; simulations; allosteric; computer; cooperativity; kinetics	cinética	Não citada	Trabalho individual, Trabalho em grupo	Interativo
BAMBED 2002, 30, 93	Student Difficulties With The Interpretation Of A Textbook Diagram Of Immunoglobulin G (Igg)	Schönborn K J; Anderson T R; Grayson D J	África do Sul	Recurso didático	student's conceptual and reasoning difficulties; textbook diagrams; teaching and learning	proteínas	Questionários: qualitativo, Vídeo/Audio, Entrevistas	Trabalho individual	Ilustração em papel
BAMBED 2002, 30, 209	Using Three-Dimensional Imaging Of Proteins: Examples Of Class Activities And Subsequent Assessments	Willian K R	Reino Unido	Recurso didático	receptors; protein structure; three-dimensionam imaging	proteínas	Questionários: quantitativo	Trabalho individual	Interativo
BAMBED 2002, 30, 21	Teaching Molecular 3-D Literacy	Richardson D C; Richardson J S	EUA	Metodologia	Não citadas	biomoléculas	Pré/Pós-testes, Questionários: qualitativo	Trabalho individual, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
BAMBED 2002, 30, 130	Evaluation Of Molecular Visualization Software For Teaching Protein Structure: Differing Outcomes From Lecture And Lab	White B; Kim S; Sherman K; Weber N	EUA	Metodologia	evaluation; molecular visualization; protein structure	proteínas	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Aula expositiva	Interativo
BAMBED 2003, 31, 93	On The Convenience Of Using A Computer Simulation To Teach Enzyme Kinetics To Undergraduate Students With Biological Chemistry-Related Curricula	González-Cruz J; Rodríguez-Sotres R; Rodríguez-Penagos M	México	Investigação	teaching enzyme-kinetics; computer-assisted teaching	cinética	Relatório, Pré/ Pós-testes	Trabalho individual, Grupo de discussão, Outros	Interativo
BAMBED 2003, 31, 234	Energy Diagrams For Enzyme-Catalyzed Reactions: Concepts And Misconcepts	Aledo J C; Lobo C; Del Valle A E	Espanha	Recurso didático	reaction coordinate; activation energy; thermokinetics	cinética	Não citada	Não citada	Ilustração em papel
BAMBED 2004, 32, 201	Lucenz Simulator: A Tool For The Teaching Of Enzyme Kinetics	Clark A G	Nova Zelândia	Recurso didático	kinetics; simulation; demonstration; modeling; inhibition; activation energy	cinética	Não citada	Não citada	Interativo
BAMBED 2005, 33, 65	Software For Teaching Structure-Hydrophobicity Relationships	White B; Perma I; Carison R	EUA	Metodologia	laboratory exercises; cheminformatics; hydrophobicity; molecular properties	interações intermoleculares, ligação química	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Aula expositiva	Interativo

\*e-mail: gamarson@iq.usp.br

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
BAMBED 2005, 33, 105	Physical Models Enhance Molecular Three-Dimensional Literacy In An Physical Models Enhance Molecular Three-Dimensional Literacy In An Introductory Biochemistry Course	Roberts J R; Hagedorn E; Dillenburg P; Patrick M; Herman T	EUA	Investigação	physical models; swiss protein bank viewer; biochemical education	biomoléculas	Likert, Questionários: quantitativo	Trabalho individual, Grupo de discussão, Aula expositiva	Modelos físicos, Interativo,
BAMBED 2005, 33, 194	Molecular Modeling Of Heme Proteins Using Moe: Bio-Inorganic And Structure-Function Activity For Undergraduates	Ray G B	EUA	Metodologia	metalloproteins; computational biochemistry; three dimensional-visualization; bioinorganic; MOE	proteínas	Relatórios, Questionários: qualitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Outros, Outros	Interativo
BAMBED 2005, 33, 319	Exploring Protein Function And Evolution Using Free Online Bioinformatics Tools	Weaver T; Cooper S	EUA	Metodologia	molecular model; secondary structure; motif; alignment; ortholog; paralog	proteínas	Questionários	Não citada	Interativo
BAMBED 2006, 34, 343	Jamvle, A New Integrated Molecular Visualization Learning Environment	Bottomley S; Chandler D; Morgan E; Helmerhorst E.	Austrália	Recurso didático	evaluation of computer-based learning systems; molecular visualization; interactive learning environment	proteínas	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
BAMBED 2006, 34, 187	A New Three-Dimensional Educational Model Kit For Building Dna And Rna Molecules: Development And Evaluation	Beltramine L M; Araújo A P U; Oliveira T H G; Abel L D S; Silva A R; Santos N F	Brasil	Recurso didático	nucleic acids; DNA; RNA; molecular structures; educational model and evaluation	ácidos nucleicos	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos
BAMBED 2006, 34, 94	The Importance Of Visual Literacy In The Education Of Biochemists	Schönborn K J; Anderson T R	África do Sul	Revisão	external representation; visual literacy; visualization; interpretation; teaching; learning	Não especificado	Não citada	Não citada	Outros
BAMBED 2006, 34, 255	Biomolecules In The Computer: Jmol To The Rescue	Herráez A	Espanha	Recurso didático	molecular models; Jmol; Chime; open source; proteins	biomoléculas	Não citada	Não citada	Interativo
BAMBED 2006, 34, 247	Tactile Teaching: Exploring Protein Structure/Function Using Physical Models	Herman T; Colton S; Batiza A; Patrick M; Franzen M; Goodsell D S	EUA	Metodologia	Não citadas	proteínas	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Outros	Modelos físicos
BAMBED 2006, 34, 402	Ez-Viz, A Tool For Simplifying Molecular Viewing In Pymol	Grell L; Parkin C; Slatest L; Craig P A	EUA	Recurso didático	Não citadas	biomoléculas	Não citada	Não citada	Interativo
BAMBED 2007, 35, 238	Molecular Modeling Of Estrogen Receptor Using Molecular Operating Environment	Roy U; Luck L A	EUA	Recurso didático	computational biology; biotechnology education; computers in research and teaching; molecular modeling; estrogen receptor; estradiol; molecular operating environment	interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Interativo
BAMBED 2008, 36, 77	Interactive Computer Simulations Of Genetics, Biochemistry, And Molecularbiology	White B T; Bolker E D	EUA	Metodologia	computer simulation; genetics; protein folding; biochemistry; molecular biology	ácidos nucleicos, proteínas	Relatórios, Vídeo/Áudio	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
BAMBED 2008, 36, 203	Tonal Interface To Macromolecules (Timmol: A Textual And Tonal Tool For Molecular Visualization	Cordes T J; Carlson C B; Forest K T	EUA	Recurso didático	three-dimensional visualization; spatial learning; 3D learning; macromolecular structure	proteínas	Pré/Pós-testes, Likert	Trabalho individual	Interativo

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 301	Computer-Based Molecular Modelling: Finnish School Teachers' Experiences And Views	Aksela M; Lundell J	Finlândia	Investigação	information and communications technology; chemistry teaching; molecular modelling; Finish school chemistry teachers; upper secondary school; teacher training; life-long learning	Não especificado	Likert, Questionários: qualitativo, Pré/Pós-testes	Outros	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 234	Exploring The Phenomenon Of 'Change Of Phase' Of Pure Substances: Using The Microcomputer-Based-Laboratory (Mbl System	Pierri E; Karatrantou A; Panagiotakopoulos C	Grécia	Metodologia	phase change; melting point; freezing point; microcomputer-based-laboratory (MBL system	interações intermoleculares	Entrevistas, Vídeo/Audio	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho em laboratório	Ilustração eletrônica
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 277	Simchemistry As An Active Learning Tool In Chemical Education	Bolton K; Saalman E; Christie M; Ingerman A; Linder C	Suécia	Metodologia	molecular simulation; active learning; visualization in learning; cooperative learning; reflective diaries	estrutura molecular, interações intermoleculares	Entrevistas, Seminários	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Aula expositiva	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 169	Impact Of A Pre-Laboratory Organic-Extraction Simulation Comprehension And Attitudes Of Undergraduate Chemistry Students	Supasorn S; Suits J P; Jones L L; Vibuljan S	Tailândia	Investigação	organic chemistry; extraction; spatial ability; animation; simulation; visualization; mental models; simulated experiments; micro/macroscopic levels; higher-/lower-order cognitive skills; particulate nature of matter	interações intermoleculares	Entrevistas, Pré/Pós-testes, Likert	Não citada	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 11	Probing Student Teachers' Subject Content Knowledge In Chemistry: Case Studies Using Dynamic Computer Models	Toplis R	Reino Unido	Investigação	models; animations; misconceptions; alternative frameworks	ligação química, reações	Entrevistas	Outros, Grupo de discussão, Trabalho em grupo	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2008, 9, 208	Learning Stoichiometry: A Comparison Of Text And Multimedia Formats	Evans K L; Yaron D; Leinhardt G	EUA	Investigação	online instruction; cognitively informed instruction; randomized design; stoichiometry; virtual laboratory; undergraduate general chemistry	estequiometria	Pré/Pó-testes	Outros, Outros, Trabalho individual	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2009, 10, 62	Visualization And Interactivity In The Teaching Of Chemistry To Science And Non-Science Students	Venkataraman B	EUA	Metodologia	visualization; molecular modelling; non-science majors; assessment; mental models	vários	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2009, 10, 296	Organicpad: An Interactive Freehand Drawing Application For Drawing Lewis Structures And The Development Of Skills In Organic Chemistry	Cooper M M; Grove N P; Pargas R; Bryfezynski S P; Gatlin T	EUA	Recurso didático	Lewis structures; organic chemistry; information technology	estrutura de Lewis	Não citada, Pré/Pós-testes	Não citada	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2010, 11, 48	Continuous Symmetry And Chemistry Teachers: Learning Advanced Chemistry Content Through Novel Visualization Tools	Tuvi-Arad I; Blonder R	Israel	Metodologia	symmetry, continuous symmetry; chemistry teachers; content knowledge; professional development; molecular visualization	simetria	Entrevistas, Vídeo/Audio, Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Aula expositiva, Outros	Interativo
Chem. Educ. Res. Pract. 2010, 11, 154	Student-Generated Submicro Diagrams: A Useful Tool For Teaching And Learning Chemical Equations And Stoichiometry	Davidowitz B; Chittleborough G; Murray E	África do Sul	Metodologia	chemical equations; stoichiometry; submicroscopic diagrams; representations	estequiometria	Questionários: quantitativo, Desenho	Trabalho em grupo	Ilustração em papel

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
Chem. Educ. Res. Pract. <b>2010</b> , <i>11</i> , 43	Origami: A Versatile Modeling System For Visualising Chemical Structure And Exploring Molecular Function	Davis J; Leslie R; Billington S; Slater P R	Reino Unido	Recurso didático	origami; models; shape; modeling; molecular shape; visualization	estrutura molecular, interações intermoleculares	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo, Outros	Modelos físicos
Comput. Educ. <b>2007</b> , <i>48</i> , 30	Transition From Traditional To Ict-Enhanced Learning Environments In Undergraduate Chemistry Courses	Barak M	Israel	Recurso didático	improving classroom teaching; post-secondary education; visualization; teaching/learning strategies	estrutura molecular	Entrevistas, Fórum eletrônico/e-mail	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo
Comput. Educ. <b>2008</b> , <i>51</i> , 519	How Science Students Can Learn About Unobservable Phenomena Using Computer-Based Analogies	Trey L; Khan S	Canadá	Investigação	simulations; multimedia/hypermedia systems; interactive learning environments; teaching strategies/learning strategies	equilíbrio	Questionários: quantitativo, Desenho	Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica
Comput. Educ. <b>2008</b> , <i>51</i> , 423	The Influence Of Computer-Assisted Instruction On Students' Conceptual Understanding Of Chemical Bonding And Attitude Toward Chemistry: A Case For Turkey	Özmen H	Turquia	Investigação	computer-assisted instruction; chemical bonding; attitude; alternative conception	ligação química	Pré/Pós-testes, Likert	Trabalho em grupo, Trabalho individual	Interativo
Comput. Educ. <b>2008</b> , <i>51</i> , 584	Full Immersive Virtual Environment Cavetm In Chemistry Education	Limniou M; Roberts D; Papadopoulos N	Reino Unido	Metodologia	interactive learning environment; virtual reality; improving classroom teaching	reações	Pré/Pós-testes	Trabalho em grupo	Outros, Animação
Comput. Educ. <b>2009</b> , <i>53</i> , 853	Effectiveness Of A Virtual Laboratory As A Preparatory Resource For Distance Education Chemistry Students	Dalgarno B; Bishop A G; Adlong W; Bedgood Jr D R	Austrália	Investigação	virtual reality; simulations; interactive learning environments; distance education; post-secondary education; chemistry education	Trabalho em laboratório	Likert, Entrevistas, Pré/Pós-testes	Outros, Trabalho em laboratório, Trabalho individual	Interativo
Comput. Educ. <b>2009</b> , <i>52</i> , 390	3D Visualization Types In Multimedia Applications For Science Learning: A Case Study For 8Th Grade Students In Greece	Korakakis G; Pavlatou E A; Spyrellis N	Grécia	Investigação	secondary education; media in education; multimedia/hypermedia systems; simulations	separação de misturas	Pré/Pós-testes	Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica, Animação
Comput. Educ. <b>2009</b> , <i>52</i> , 681	The Effects Of Conceptual Change Texts Accompanied With Animations On Overcoming 11Th Grade Students' Alternative Conceptions Of Chemical Bonding	Özmen H; Demircioglu H; Demircioglu G	Turquia	Investigação	conceptual change texts; animations; alternative conception; chemical bonding	ligação química	Pré/Pós-testes	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho individual	Interativo
Comput. Educ. <b>2009</b> , <i>52</i> , 45	Integration Of Simulation Into Pre-Laboratory Chemical Course: Computer Cluster Versus Webct	Limniou M; Papadopoulos N; Whitehead C	Reino Unido	Investigação	simulations; teaching/learning strategies; interactive learning environments; cooperative/collaborative learning; improving classroom teaching	titulação	Questionários: quantitativo	Outros, Grupo de discussão, Trabalho em grupo, Trabalho individual, Trabalho em laboratório	Interativo
Int. J. Sci. Educ. <b>2001</b> , <i>23</i> , 1303	The Impact Of Concept Mapping And Visualization On The Learning Of Secondary School Chemistry Students	Brandt L; Elen J; Hellemans J; Heerman L; Couwenberg I; Volckaert L; Morisse H	Bélgica	Investigação	Não citadas	eletroquímica	Pré/Pós-testes	Aula expositiva, Trabalho individual	Ilustração em papel
Int. J. Sci. Educ. <b>2003</b> , <i>25</i> , 1353	The Role Of Submicroscopic And Symbolic Representations In Chemical Explanations	Treagust D F; Chittleborough G; Mamiala T L	Austrália	Metodologia	Não citadas	vários	Entrevistas, Vídeo/Audio	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Aula expositiva	Modelos físicos
Int. J. Sci. Educ. <b>2003</b> , <i>25</i> , 329	Spatial Ability And The Impact Of Visualization/Animation On Learning Electrochemistry	Yang E; Andre T; Greenbowe T J; Tibell L	EUA	Investigação	Não citadas	eletroquímica	Questionários: quantitativo, Pré/Pós-testes, Desenho	Aula expositiva, Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
Int. J. Sci. Educ. 2005, 27, 1269	Using Static And Dynamic Visuals To Represent Chemical Change At Molecular Level	Ardac D; Akaygun S	Turquia	Investigação	Não citadas	Natureza particular da matéria, reações	Questionários: quantitativo, Desenho	Trabalho individual, Grupo de discussão	Animação, Ilustração eletrônica
Int. J. Sci. Educ. 2009, 31, 787	Multiple Representation In Learning About Evaporation	Prain V; Tytler R; Peterson S	Austrália	Metodologia	Não citadas	Natureza particular da matéria	Entrevistas, Questionários: qualitativo, Desenho	Outros, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos, Ilustração em papel
Int. J. Sci. Educ. 2009, 31, 603	Learning Of Chemical Equilibrium Through Modelling-Based Teaching	Maia P F; Justi R	Brasil	Metodologia	Não citadas	equilíbrio	Vídeo/Audio, Questionários: qualitativo, Desenho	Outros, Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho em laboratório	Modelos físicos, Ilustração em papel
Int. J. Sci. Educ. 2009, 31, 1743	Impacts Of Multi-Representational Instruction On High School Students' Conceptual Understandings Of The Particulate Nature Of Matter	Adadan E; Irving K E; Trundle K C	Turquia	Investigação	Não citadas	Natureza particular da matéria	Questionários: qualitativo, Entrevistas, Desenho	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo, Ilustração eletrônica
J. Chem. Educ. 2001, 78, 837	A Computer-Assisted Tutorial On Protein Structure	Tsai C S	Canadá	Recurso didático	upper-division undergraduate; biochemistry; computer bulletin board; computer-based learning; proteins/peptides	proteínas	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 840	Integrating Molecular Modeling Into The Inorganic Chemistry Laboratory	Montgomery C D	Canadá	Recurso didático	second-year undergraduate; laboratory instruction; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; computational chemistry	estrutura molecular	Não citada	Trabalho em laboratório	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 1560	Spec UV-Vis: An Ultraviolet-Visible Spectrophotometer Simulation	Papadopoulos N; Limniou M; Koklamanis G; Tsarouzas A; Roilidis M; Bigger S W	Grécia	Recurso didático	second-year undergraduate; analytical chemistry; computer-based learning; UV-VIS spectroscopy	espectroscopia	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 121	Teaching 1H Nmr Spectrometry Using Computer Modeling	Habata Y; Akabori Y	Japão	Recurso didático	second-year undergraduate; organic chemistry; teaching with technology; computer-based learning; molecular properties/structure	espectroscopia	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 420	Which Nitrogen? Combining Computer Modeling With Laboratory Work In Organic Chemistry	Hull L A	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; organic chemistry; molecular modeling exercises and experiments; inquiry-based/discovery learning; laboratory computing/interfaces	espectroscopia	Não citada	Trabalho em laboratório	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 824	Spektri-Sim: Interactive Simulation And Analysis Of The Infrared Spectra Of Diatomic Molecules	Glendening E D; Kansanoho J M	EUA	Recurso didático	second-year undergraduate; physical chemistry; computer-based learning; IR spectroscopy	espectroscopia	Não citada	Trabalho em laboratório	Interativo
J. Chem. Educ. 2001, 78, 1195	From The Wood-Shop To Crystal Engineering: Teaching Three-Dimensional Chemistry	Martin J D	EUA	Metodologia	upper-division undergraduate; inorganic chemistry; computer-based learning; crystals/crystallography	estrutura molecular	Desenho	Não citada	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2001, 78, 1412	Using Computer-Based Visualization Strategies To Improve Students' Understanding Of Molecular Polarity And Miscibility	Sanger M J; Badger S M	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; multimedia-based learning; molecular properties/structure	polaridade, interações intermoleculares	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo	Trabalho em laboratório	Interativo, Modelos físicos, Ilustração eletrônica

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2001, 78, 1487	An Early Emphasis On Symmetry And A Three-Dimensional Perspective In The Chemistry Curriculum	Mc Kay S E; Boone S R	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; curriculum; group theory/symmetry	simetria	Questionários: quantitativo	Aula expositiva	Outros
J. Chem. Educ. 2001, 78, 1551	Integrating Computational Chemistry Into A Project-Oriented Biochemistry Laboratory Experience: A New Twist On The Lysozyme Experiment	Peterson R R; Cox J R	EUA	Metodologia	upper-division undergraduate; biochemistry; computer bulletin board; hands-on learning/ manipulatives; carbohydrates	proteínas	Não citada	Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. 2002, 79, 588	Teaching Bonding In Organometallic Chemistry Using Computational Chemistry	Haaren R J; Reek J N H; Oevering H; Coussens B B; Strijdonck G P F; Kamer P C J; Leeuwen P W N M	Holanda	Recurso didático	Não citadas	estrutura molecular	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2002, 79, 640	Le Chat: Simulation In Chemical Equilibrium	Paiva J C M; Gil V M S; Correia A F	Portugal	Recurso didático	Não citadas	equilíbrio	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2002, 79, 468	Crystal Models Made From Clear Plastic Boxes And Their Use In Determining Avogadro'S Number	Bindel T H	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; crystals/crystallography	estrutura molecular	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2002, 79, 638	Kinsimxp, A Chemical Kinetics Simulation	Allendoerfer R D	EUA	Recurso didático	Não citadas	cinética	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2002, 79, 1088	A Three-Dimensional Model For Water	Johnson J L H; Yalkowsky S H; Vitz E	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; demonstrations; tested demonstrations; aqueous solution chemistry	estrutura molecular, interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2002, 79, 1372	Using Computer Graphics To Demonstrate The Origin And Applications Of The "Reacting Bond Rules"	Tyler D R; Herrick D R	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; computer bulletin board; computer-based learning; computational chemistry	reações	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2002, 79, 1379	Webware For Classroom, Computer Room, Student'S Room	Hanson R M	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; JCE WebWare; internet/web-based learning; MO theory	cinética	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003, 80, 709	General Chemistry Collection, 7Th Edition	Papadopoulos N; Limniou M	Grécia	Recurso didático	high school/introductory chemistry; analytical chemistry; JCE software; computer-based learning; acids/bases	titulação	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003, 80, 1222	3Dnormalmodes	Sigalas M P; Charistos N D; Teberekidis V I; Tsipis C A;	Grécia	Recurso didático	second-year undergraduate; JCE software; computer-based learning; IR spectroscopy	espectroscopia	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003, 80, 582	Web-Based Computations And Animations	Borkent H; Rooij J; Stueker O; Brunberg I; Fels G	Holanda	Recurso didático	second-year undergraduate; organic chemistry; JCE WebWare: web-based learning aids; internet/web-based learning; computational chemistry	vários	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2003, 80, 346	Learning In Chemistry With Virtual Laboratories	Martínez-Jiménez P; Pontes-Pedrajas A; Polo J; Climent-Bellido M S	Espanha	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; teaching with technology; computer-based learning; laboratory computing/interfaces	Trabalho em laboratório, separação de misturas	Questionários: quantitativo, Relatórios	Trabalho em grupo, Trabalho em laboratório	Interativo

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. <b>2003</b> , 80, 109	Modeling A Boltzmann Distribution: Simbo (Simulated Boltzmann, A Computer Laboratory Exercise	Lyubartsev A P; Heald E F; York R W	Suécia	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; JCE software; computer-based learning; laboratory computing/interfacing	termodinâmica	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. <b>2003</b> , 80, 157	Paper-And-Glue Unit Cell Models	Birk J P; Yezierski E J; Laing M	EUA	Metodologia	high school/introductory chemistry; demonstrations; tested demonstrations; solid state chemistry	estrutura molecular	Não citada	Trabalho em grupo	Modelos físicos
J. Chem. Educ. <b>2003</b> , 80, 1425	Thermodynamics For Visual Learners	Hamilton T M	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; thermodynamics	termodinâmica	Não citada	Não citada	Ilustração eletrônica
J. Chem. Educ. <b>2004</b> , 81, 1322	Teaching Ionic Solvation Structure With A Monte Carlo Liquid Simulation Program	Serrano A; Santos F M T; Greca I M	Brasil	Metodologia	upper-division undergraduate; physical chemistry; computer-based learning; mathematics/symbolic mathematics	interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. <b>2004</b> , 81, 587	The Effective Use Of An Interactive Software Program To Reduce Students' Misconceptions About Batteries	Yang E M; Greenbowe T J; Andre T	EUA	Investigação	high school/introductory chemistry; chemical education research; teaching with technology; computer-based learning; electro-chemistry	eletroquímica	Questionários: quantitativo, Vídeo/Audio	Aula expositiva, Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. <b>2004</b> , 81, 818	Visualizing Bent Bonds In Cyclopropane	Bertolini T M	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; demonstrations; overhOutros projector demonstrations; molecular modeling	ligação química	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. <b>2004</b> , 81, 1136	Exploring Organic Mechanistic Puzzles With Molecular Modeling	Horowitz G; Schwartz G	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; organic chemistry; molecular modeling exercises and experiments; collaborative/co-operative learning; molecular properties/structure	reações	Não citada	Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. <b>2004</b> , 81, 1431	Introducing Molecular Visualization To Primary Schools In California: The Start! Teaching Science Through Art Program	Halpine S M	EUA	Metodologia	elementary/middle school science; chemistry for kids; computer-based learning; bioinorganic chemistry	estrutura molecular	Desenho, Questionários: quantitativo	Outros, Grupo de discussão	Interativo, Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Chem. Educ. <b>2005</b> , 82, 73	A Set Of Hands-On Exercises On Conformational Analysis	Pellegrinet S C; Mata E G	Argentina	Metodologia	first-year undergraduate/general; organic chemistry; collaborative/co-operative learning; alkanes/cycloalkanes	análise conformacional	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos
J. Chem. Educ. <b>2005</b> , 82, 1800	A New Exploration Of The Torsional Energy Surface Of N-Pentane Using Molecular Models And Molecular Modeling Software	Galembeck S E; Caramori G F; Romero J R	Brasil	Metodologia	upper-division undergraduate; physical chemistry; computer-based learning; computational chemistry	análise conformacional	Não citada	Não citada	Interativo, Modelos físicos,
J. Chem. Educ. <b>2005</b> , 82, 1805	Analyzing The 3D Structure Of Human Carbonic Anhydrase Ii And Its Mutants Using Deep View And The Protein Data Bank	Ship N J; Zamble D B	Canadá	Metodologia	upper-division undergraduate; biochemistry; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; molecular modeling	proteínas	Seminários, Relatórios	Trabalho individual	Interativo

Tabela 1S. Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1741	Teaching Molecular Symmetry With Jce Webware	Charistos N D; Tsiapis C A; Sigalas M P	Grécia	Recurso didático	first-year undergraduate/general; chemoinformatics; JCE WebWare: web-based learning aids; computer-based learning; group theory/symmetry	simetria	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1021	Computer Modeling And Research In The Classroom	Ramos M J; Fernandes P A	Portugal	Metodologia	upper-division undergraduate; computer-based learning; computational chemistry	estrutura molecular	Relatório	Aula expositiva, Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. 2005, 82, 79	A 3D Model Of Double-Helical Dna Showing Variable Chemical Details	Cady S G	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; biochemistry; hands-on learning/manipulatives; biotechnology	ácidos nucleicos	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2005, 82, 401	Simple Dynamic Models For Hydrogen Bonding Using Velcro-Polarized Molecular Models	Schultz E	EUA	Recurso didático	high school/introductory chemistry; demonstrations; molecular properties/structure	interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2005, 82, 937	Molecular Visualization In Science Education: An Evaluation Of An Nsf-Sponsored Workshop	José T J; Williamson V M	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; curriculum; chemical education research; conferences	Outros	Likert, Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo	Outros	Outros
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1009	Chirality Made Simple: A 1- And 2-Dimensional Introduction To Stereochemistry	Gawley R E	EUA	Recurso didático	second-year undergraduate; organic chemistry; analogies/transfer; chirality/optical activity	simetria	Não citada	Não citada	Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1251	Assessing The Effect Of Web-Based Learning Tools On Student Understanding Of Stoichiometry Using Knowledge Space Theory	Arasasingham R D; Taagepera M; Potter F; Martorell I; Lonjers S	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; teaching with technology; computer-based learning; stoichiometry	estequiometria	Questionários: quantitativo, Likert	Aula expositiva, Grupo de discussão, Trabalho individual	Interativo
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1513	Techniques To Enhance Instructors' Teaching Effectiveness With Chemistry Students Who Are Blind Or Visually Impaired	Supalo C	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; laboratory instruction; testing/assessment; enrichment/review materials	Outros	Outros	Outros	Outros
J. Chem. Educ. 2005, 82, 1736	The Use Of The Free, Open-Source Program Jmol To Generate An Interactive Web Site To Teach Molecular Symmetry	Cass M E; Rzepa H S; Rzepa D R; Williams C K	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; physical chemistry; internet/web-based learning; group theory/symmetry	simetria	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1567	A Gel Permeation Chromatography Simulator From Jce Webware	Marson G A; Torres B B	Brasil	Metodologia	second-year undergraduate/general second-year undergraduate; biochemistry; chromatography; computer-based learning; multimedia-based learning	cromatografia	Não citada	Trabalho em grupo	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1353	Teaching Physical Chemistry Experiments With A Computer Simulation By Labview	Belletti A; Borromei R; Ingletto G	Itália	Recurso didático	first-year undergraduate/general; physical chemistry; computer-based learning; equilibrium	equilíbrio	Não citada	Trabalho em laboratório	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 481	Computational Quantum Chemistry: A Reliable Tool In The Understanding Of Gas-Phase Reactions	Galano A; Alvarez-Idaboy J R; Vivier-Bunge A	México	Recurso didático	graduate education/research; physical chemistry; research: science and education; computer-based learning; applications of chemistry	reações	Não citada	Não citada	Interativo



**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2006, 83, 170	Using Computer Simulations To Teach Salt Solubility	Gil V M S; Paiva J C M	Portugal	Recurso didático	high school/introductory chemistry; physical chemistry; computational chemistry	termodinâmica	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1319	A Unique Demonstration Model Of Dna	Cox J P L	Reino Unido	Recurso didático	elementary/middle school science; biochemistry; hands-on learning/manipulatives; molecular biology	ácidos nucleicos	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2006, 83, 77	Molecular Dynamics Simulations Of Chemical Reactions For Use In Education	Xie Q; Tinker R	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; chemical education research; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; molecular mechanics/dynamics	cinética	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 336	Using Jmol To Help Students Better Understand Fluxional Processes	Cass M E; Rzepa H S	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; inorganic chemistry; JCE WebWare: web-based learning aids; internet/web-based learning; computational chemistry	reações	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2006, 83, 954	Misconceptions About The Particulate Nature Of Matter: Using Animations To Close The Gender Gap	Yeziński E J; Birk J P	EUA	Investigação	elementary/middle school science; chemical education research; constructivism; learning theories	Natureza particular da matéria	Pré/Pós-testes, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Grupo de discussão, Trabalho individual, Aula expositiva	Animação
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1182	A Laboratory Experiment Using Molecular Models For An Introductory Chemistry Class	Ghaffari S	EUA	Metodologia	high school/introductory chemistry; demonstrations; hands-on learning/manipulatives; molecular modeling	vários	Não citada	Trabalho em grupo, Trabalho em laboratório	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1317	Classifying Matter: A Physical Model Using Paper Clips	Blake B; Hogue L; Sarquis J L	EUA	Recurso didático	elementary/middle school science; curriculum; analogies/transfer; molecular properties/structure	substâncias simples e compostas	Não citada	Trabalho em grupo	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2006, 83, 1322	Using Physical Models Of Biomolecular Structures To Teach Concepts Of Biochemical Structure And Structure Depiction In The Introductory Chemistry Laboratory	Bain G A; Yi J; Beikmohamadi M; Herman T M; Patrick M A	EUA	Metodologia	high school/introductory chemistry; biochemistry; hands-on learning/manipulatives; amino acids	ácidos nucleicos, proteínas	Pré/Pós-testes	Trabalho em grupo, Aula expositiva	Modelos físicos, Interativo
J. Chem. Educ. 2007, 84, 1866	Biochemical View: A Web Site Providing Material For Teaching Biochemistry Using Multiple Approaches	Dórea F C; Rodrigues H S; Lapouble O M M; Pereira M R; Castro M S; Fontes W	Brasil	Investigação	continuing education; biochemistry; computer-based learning; amino acids	vias metabólicas	Questionários: quantitativo, Likert	Aula expositiva	Interativo
J. Chem. Educ. 2007, 84, 979	Receptor Surface Models In The Classroom: Introducing Molecular Modeling To Students In A 3-D World	Geldenhuys W J; Hayes M; Van Der Schyf C J; Allen D D; Malan S F	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; biochemistry; computer-based learning; bioorganic chemistry	interação estérica	Likert	Não citada	Interativo, Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2007, 84, 1551	An Interactive Computer Program To Help Students Learn Molecular Symmetry Elements And Operations	Meyer D E; Sargent A L	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; inorganic chemistry; JCE WebWare: web-based learning aids; computer-based learning; group theory symmetry	simetria	Não citada	Não citada	Interativo

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2007, 84, 1776	Visualizing The Transition State: A Hands-On Approach To The Arrhenius Equation	Kuntzleman T S; Swanson M S; Sayers D K	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; laboratory instruction; applications and analogies; analogies/transfer; kinetics	cinética	Não citada	Trabalho em grupo	Outros
J. Chem. Educ. 2007, 84, 1945	Predicting The Shifts Of Absorption Maxima Of Azulene Derivatives Using Molecular Modeling And Zindo Ci Calculations Of UV-Vis Spectra	Patalinghug W C; Chang M; Solis J	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; laboratory instruction; molecular modeling exercises and experiments; analogies/transfers; aromatic compounds	espectroscopia	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2008, 85, 444	Constructing 1h Symmetrical Fullerenes From Pentagons	Gan L H	China	Recurso didático	upper-division undergraduate; physical chemistry; computer-based learning; carbon	simetria	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2008, 85, 240	Using Tactile Learning Aids For Students With Visual Impairments In A First-Semester Organic Chemistry Course	Poon T; Ovardia R	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; organic chemistry; hands-on learning/manipulatives; molecular modeling	vários	Desenho, Questionários: qualitativo	Trabalho individual	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2008, 85, 303	Investigating Students' Ability To Transfer Ideas Learned From Molecular Animations Of The Dissolution Process	Kelly R M; Jones L L	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; computer-based learning; aqueous solution chemistry	reações	Desenho, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Trabalho individual	Animação
J. Chem. Educ. 2008, 85, 718	The Effects Of A Two-Year Molecular Visualization Experience On Teachers' Attitudes, Content Knowledge, And Spatial Ability	Willianson V M; José T J	EUA	Investigação	first-year undergraduate/general; chemical education research; constructivism; molecular modeling	Não especificado	Likert, Pré/Pós-testes	Trabalho em grupo, Outros	Interativo, Animação
J. Chem. Educ. 2008, 85, 822	Exploring Solid-State Structure And Physical Properties: A Molecular And Crystal Model Exercise	Bindel T H	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; inorganic chemistry; hands-on learning/manipulatives; crystals/crystallography	simetria	Não citada	Trabalho em grupo, Trabalho em laboratório	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2008, 85, 1071	Using Molecular Dynamics Simulation To Reinforce Student Understanding Of Intermolecular Forces	Burkholder P R; Pursler G H; Cole R S	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; curriculum; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; computational chemistry	interações intermoleculares	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2009, 86, 477	Conformational Analysis Of Drug Molecules: A Practical Exercise In The Medicinal Chemistry Course	Yuriev E; Chalmers D; Capuano D	Austrália	Recurso didático	second-year undergraduate; biochemistry; molecular modeling exercises and experiments; computer-based learning; computational chemistry	análise conformacional	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2009, 86, 19	Board-Game Gel Filtration And Affinity Chromatography	Hunt E A; Deo S K	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; analytical chemistry; classroom activity connections; collaborative/cooperative learning; bioanalytical chemistry	cromatografia	Não citada	Não citada	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2009, 86, 254	Visualization Tools For Organic Chemistry	Musyka J L	EUA	Recurso didático	second-year undergraduate; organic chemistry; JCE: WebWare; web-based learning aids; Internet/web-based learning; alkanes/cycloalkanes	vários	Não citada	Não citada	Interativo

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. 2009, 86, 450	Enthalpy Costs Of Making And Breaking Bonds: A Game Of Generating Molecules With Proper Lewis Structures	Bell P T; Adkins A D; Gamble R J; Schultz L D	EUA	Recurso didático	first-year undergraduate/general; organic chemistry; humor/puzzles/game; calorimetry/thermochemistry	ligação química	Questionários: quantitativo	Trabalho em grupo	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2009, 86, 460	Using The Cambridge Structural Database To Teach Molecular Geometry Concepts In Organic Chemistry	Wackerly J W; Janowicz P A; Ritchey J A; Caruso M M; Elliott E L; Moore J S	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; organic chemistry; teaching with technology; computer-based learning; atomic properties/structure	estrutura molecular	Likert, Pré/Pós-testes	Trabalho individual	Interativo
J. Chem. Educ. 2009, 86, 1442	Kinetic Versus Static Visuals For Facilitating College Students' Understanding Of Organic Reaction Mechanisms In Chemistry	Aldahmash A H; Abraham M R	Yemen	Investigação	second-year undergraduate; chemical education research; reasearch: science and education; multimedia-based learning; learning theories	reações	Pré/Pós-testes; Questionários: quantitativo, Desenho	Aula expositiva, Trabalho individual	Animação, Ilustração eletrônica
J. Chem. Educ. 2010, 87, 406	Where'S Ester? A Game That Seeks The Structures Hiding Behind The Trivial Names	Angelin M; Ramström O	Suécia	Recurso didático	first-year undergraduate/general; general public; high school/introductory chemistry; second-year undergraduate; upper-division undergraduate; biochemistry; organic chemistry; humor/puzzles/games; amino acids; drugs/pharmaceuticals; nomenclature/units/symbols	nomenclatura	Não citada	Trabalho em grupo	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. 2010, 87, 809	Teaching Three-Dimensional Structural Chemistry Using Crystal Structure Databases. 1. An Interactive Web-Accessible Teaching Subset Of The Cambridge Structural Database	Battle G M; Allen F H; Ferrence G M	Reino Unido	Recurso didático	second-year undergraduate; upper-division undergraduate; chemoinformatics; internet/web-based learning	estrutura molecular	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2010, 87, 819	A Pictorial Visualization Of Normal Mode Vibrations Of The Fullerene (C60 Molecule In Terms Of Vibrations Of A Hollow Sphere	Dunn J L	Reino Unido	Recurso didático	upper-division undergraduate; graduate education/research; chemoinformatics; computer-based learning; group theory/symmetry; theoretical chemistry	simetria	Não citada	Não citada	Interativo
J. Chem. Educ. 2010, 87, 291	Use Of Molecular Models For Active Learning In Biochemistry Lecture Courses	Hageman J H	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; biochemistry; organic chemistry; analogies/transfer; collaborative/co-operative learning; hands-on learning/manipulatives	estrutura molecular	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos
J. Chem. Educ. 2010, 87, 294	A Hands-On Classroom Simulation To Demonstrate Concepts In Enzyme Kinetics	Junker M	EUA	Metodologia	second-year undergraduate; upper-division undergraduate; biochemistry; analogies/transfer; hands-on learning/manipulatives; catalysis; enzymes; kinetics; mechanism of reactions	cinética	Não citada	Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Outros

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Chem. Educ. <b>2010</b> , 87, 827	Dynamic Paper Constructions For Easier Visualization Of Molecular Symmetry	Sein Jr L T	EUA	Recurso didático	upper-division undergraduate; inorganic chemistry; laboratory instruction; physical chemistry; hands-on learning/manipulatives; group theory/symmetry; molecular properties/structure	simetria	Não citada	Não citada	Modelos físicos
J. Chem. Educ. <b>2010</b> , 87, 924	Articulate Pictures And Kinetic-Molecular Theory Concepts: Seizing An Opportunity	Waner M J	EUA	Recurso didático	elementary/middle school science; high school/introductory chemistry; first-year undergraduate/general; upper-division undergraduate; physical chemistry; chemical education research; gases; kinetic-molecular theory	Natureza particular da matéria, cinética	Não citada	Não citada	Ilustração em papel
J. Chem. Educ. <b>2010</b> , 87, 1024	Fusion Science Theater Presents The Amazing Chemical Circus: A New Model Of Outreach That Uses Theater To Engage Children In Learning	Kerby H W; Cantor J; Weiland M; Barbiarz C; Kerby A W	EUA	Metodologia	first-year undergraduate/general; general public; elementary/middle school science; interdisciplinary/multidisciplinary; demonstrations; public understanding/outreach; testing/assessment; inquiry-based/discovery learning; applications of chemistry; student-centered learning	vários	Likert, Pré/Pós-testes, Desenho	Outros	Outros
J. Res. Sci. Teach. <b>2001</b> , 38, 821	Promoting Understanding Of Chemical Representations: Students' Use Of A Visualization Tool In The Classroom	Wu H K; Krajcik J S; Soloway E	EUA	Metodologia	Não citadas	vários	Pré/Pós Testes, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo, Modelos físicos, Ilustração eletrônica
J. Res. Sci. Teach. <b>2004</b> , 41, 317	Effectiveness Of Multimedia-Based Instruction That Emphasizes Molecular Representations On Students' Understanding Of Chemical Change	Ardac C; Akaygun S	Turquia	Investigação	Não citadas	reações, Natureza particular da matéria	Pré/Pós-testes, Entrevistas, Desenho	Aula expositiva, Trabalho em laboratório, Trabalho individual	Interativo
J. Res. Sci. Teach. <b>2006</b> , 43, 500	Effect Of Bead And Illustrations Models On High School Students' Achievement In Molecular Genetics	Rotbain Y; Marbach-Ad G; Stavay R	Israel	Investigação	Não citadas	ácidos nucleicos	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo, Entrevistas	Aula expositiva, Trabalho individual, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Res. Sci. Teach. <b>2008</b> , 45, 219	Chemical Understanding And Graphing Skills In An Honors Case-Based Computerized Chemistry Laboratory Environment: The Value Of Bidirectional Visual And Textual Representations	Dori Y J; Sasson I	Israel	Investigação	chemistry; laboratory science; secondary; achievement; classroom research	vários	Questionários: qualitativo, Questionários: quantitativo	Outros, Aula expositiva, Trabalho em laboratório, Grupo de discussão, Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica
J. Res. Sci. Teach. <b>2008</b> , 45, 273	Using Computer Animation And Illustration Activities To Improve High School Students' Achievement In Molecular Genetics	Marbach-Ad G; Rotbain Y; Stavay R	Israel	Investigação	biology; achievement; attitudes	ácidos nucleicos	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo, Entrevistas	Aula expositiva, Trabalho individual, Grupo de discussão	Interativo, Ilustração em papel
J. Res. Sci. Teach. <b>2009</b> , 46, 289	Enhancing Students' Understanding Of The Concept Of Chemical Bonding By Using Activities Provided On An Interactive Website	Frailich M; Kesner M; Hofstein A	Israel	Investigação	chemistry; technology education/software design; secondary	ligação química	Questionários: quantitativo, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
J. Res. Sci. Teach. <b>2010</b> , 47, 91	Bridging Scientific Reasoning And Conceptual Change Through Adaptive Web-Based Learning	She H C; Liao Y W	Taiwan	Investigação	chemistry; conceptual change; technology education ; middle school science	estrutura atômica	Pré/Pós-testes, Entrevistas, Vídeo/Áudio	Trabalho individual	Interativo, Ilustração eletrônica
J. Sci. Educ. Technol. <b>2003</b> , 12, 277	Common Molecules: Bringing Research And Teaching Together Through An Online Collection	Sandvoss L M; Harwood W S; Korkmaz A; Bollinger J C; Huffman J N	EUA	Recurso didático	common molecules; chemistry education; visualization; digital library; crystal structures	estrutura molecular	Não citada	Não citada	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. <b>2003</b> , 12, 285	Connected Chemistry—Incorporating Interactive Simulations Into The Chemistry Classroom	Stieff M; Wilensky U	EUA	Metodologia	chemistry education; modeling environments; scientific visualization	equilíbrio	Entrevistas, Questionários: qualitativo	Trabalho individual	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. <b>2004</b> , 13, 51	Reasoning With Atomic-Scale Molecular Dynamic Models	Pallant A; Tinker R F	EUA	Metodologia	models; phases of matter; thermodynamics; molecular dynamics	Natureza particular da matéria	Questionários: quantitativo, Entrevistas, Desenho	Trabalho em grupo	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. <b>2004</b> , 13, 243	Web-Supported Chemistry Education: Design Of An Online Tutorial For Learning Molecular Symmetry	Korkmaz A; Harwood W S	EUA	Recurso didático	3-D; symmetry; interactivity; molecular structure; inorganic chemistry	simetria	Entrevistas, Pré/Pós-testes, Vídeo/Áudio	Trabalho individual	Interativo, Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Sci. Educ. Technol. <b>2004</b> , 13, 315	The Use Of Video Demonstrations And Particulate Animation In General Chemistry	Velázquez-Marcano A; Williamson V M; Ashkenazi G; Tasker R; Williamson K C	EUA	Investigação	chemical education research; particulate nature of matter; computer-based instruction; demonstrations; internet/web-based materials; teaching/learning aids	difusão/efusão	Pré/Pós-testes	Trabalho individual	Animação
J. Sci. Educ. Technol. <b>2004</b> , 13, 361	Instructional Technology And Molecular Visualization	Appling J R; Peake L C	EUA	Metodologia	multimedia; chemistry; model-building	estrutura molecular	Pré/Pós-testes	Trabalho individual	Interativo, Modelos físicos
J. Sci. Educ. Technol. <b>2004</b> , 13, 461	Students' Understanding Is Enhanced Through Molecular Modeling	Ealy J B	EUA	Investigação	molecular modeling; multimedia learning; microscopic	vários	Pré/Pós-testes	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho individual	Interativo, Modelos físicos, Ilustração eletrônica
J. Sci. Educ. Technol. <b>2005</b> , 14, 51	The Effect Of Instructional Modality And Prior Knowledge On Learning Point Group Symmetry	Nottis K E K; Kastner M E	EUA	Investigação	chemistry education; point group symmetry; computer courseware; prior knowledge	simetria	Questionários: quantitativo, Pré/Pós-testes, Vídeo/Áudio, Desenho	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Trabalho individual	Interativo, Modelos físicos, Ilustração em papel
J. Sci. Educ. Technol. <b>2007</b> , 16, 413	Exploring How Different Features Of Animations Of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations	Kelly R M; Jones L L	EUA	Metodologia	NaCl dissolution; animations; written, oral and drawn explanations; misconceptions	interações intermoleculares	Vídeo/Áudio, Entrevistas, Questionários: qualitativo	Trabalho em grupo, Grupo de discussão, Trabalho individual	Animação
J. Sci. Educ. Technol. <b>2008</b> , 17, 49	Using A Computer Animation To Teach High School Molecular Biology	Rotbain Y; Marbach-Ad G; Stavry R	Israel	Investigação	computer animation; molecular genetics; secondary science; nucleic acid	ácidos nucleicos	Pré/Pós-testes, Entrevistas, Desenho	Aula expositiva, Trabalho individual, Grupo de discussão	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. <b>2008</b> , 17, 466	The Impact Of Learner'S Prior Knowledge On Their Use Of Chemistry Computer Simulations: A Case Study	Liu H C; Andre T; Greenbowe T J	Taiwan	Investigação	chemical education; science education; computer simulation; computer-supported learning	eletroquímica	Vídeo/Áudio, Pré/Pós-testes, Questionários: qualitativo	Outros, Grupo de discussão, Trabalho em grupo	Interativo
J. Sci. Educ. Technol. <b>2008</b> , 17, 305	The Effect Of A Computerized Simulation On Middle School Students' Understanding Of The Kinetic Molecular Theory	Stern L; Barnea N; Shauli S	EUA	Investigação	dynamic simulation; kinetic molecular theory; middle school; teaching strategies; curricular intervention; particles; microscopic view	Natureza particular da matéria	Questionários: quantitativo, Entrevistas, Desenho	Aula expositiva, Trabalho individual	Interativo
PEC <b>2008</b> , 9, 17	Images And Computational Methods In Molecular Modeling Education	Arroio A; Honório K M	Brasil	Recurso didático	images; visualization; computational techniques; molecular modeling	orbital molecular, proteínas	Não citada	Não citada	Ilustração eletrônica

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
PEC 2009, 11, 69	Teaching Protein Science With Application Of Computers – Case Study Of Bcl-2 Protein Family	Kaczor A; Matosiuk D; Persona A	Polônia	Metodologia	protein science; proteins as drug targets; BCL-2 protein family	proteínas	Não citada	Outros, Aula expositiva	Interativo
PEC 2009, 16, 23	Visualization InScience Education: The Results Of Pilot Research In Grade 10	Bilbokaitė R	Lituânia	Investigação	science education; visualization	Não especificado	Pré/Pós-testes, Likert	Outros	Ilustração em papel, Ilustração eletrônica
PEC 2009, 16, 48	Teacher'S Education And The Use Of Visualizations In Chemistry Instruction	Ferreira C; Arroio A	Brasil	Investigação	visualization; chemistry instructing; teacher's formation	Não especificado	Questionários: qualitativo	Outros	Outros
PEC 2009, 16, 80	Chemistry Teachers' And Student'S Perceptions Of Practical Work Through Different Ict Learning Environments	Perna J; Aksela M	Finlândia	Investigação	chemistry teaching; information and communications technology; ICT; modeling; practical work	vários	Likert, Questionários: qualitativo, Pré/Pós-testes	Outros, Trabalho em grupo, Outros	Animação, Interativo
PEC 2010, 24, 19	The Usage Of A Simulation To Study Intermolecular Forces: Some Findings	Ayres C; Ferreira C; Arroio A	Brasil	Metodologia	visualization; computer; simulation; chemistry	interações intermoleculares	Questionários: qualitativo, Desenho	Trabalho em grupo	Interativo
PEC 2010, 24, 49	Use Of Visualization To Motivate Science And Geography Education Of Female School-children	Bilbokaitė R	Lituânia	Investigação	visualization; motivation; comprehensive school	Não especificado	Likert	Outros	Outros
PEC 2010, 24, 75	Metavirtualization: An Important Skill In The Learning Chemistry	Locatelli S; Ferreira C; Arroio A	Brasil	Revisão	metavirtualization; metacognition; visualization; chemistry instruction	Não especificado	Outros	Outros	Outros
QN 2004, 27, 489	Ampc – Sinalização Intracelular: Um Software Educacional	Yokaichiya D K; Fraceto L F; Miranda M A; Galembeck E; Torres B B	Brasil	Metodologia	AMPC; educational software; intracellular signaling	sinalização celular	Likert, Questionários: qualitativo	Outros, Trabalho em grupo	Interativo
QN 2005, 28, 360	O Ensino De Química Quântica E O Computador Na Perspectiva De Projetos	Arroio A; Honório K M; Weber K C; Mello P M; Silva A B F	Brasil	Metodologia	computer; projects; quantum chemistry teaching	estrutura molecular	Seminários, Questionários: qualitativo	Outros, Trabalho em grupo, Aula expositiva	Interativo
QN 2007, 30, 727	Reatividade Em Reações De Diels-Alder: Uma Prática Computacional	Lacerda Jr V; Oliveira K T; Silva R C Constantino M G; Silva G V J	Brasil	Recurso didático	Diels-Alder reactivity; FMO theory; NBO analysis	reações	Não citada	Aula expositiva, Trabalho em grupo	Interativo
QN 2008, 31, 2184	Integración De Visualización Científica Molecular En El Salón De Clases	García-Ruiz M A; Valdez-Velasquez L L; Gómez-Sandoval Z	México	Metodologia	molecular; visualization; classroom	estrutura molecular	Likert, Questionários: qualitativo	Outros, Trabalho em grupo	Interativo
QNEC 2009, 31, 82	Um Modelo Para O Estudo Do Fenômeno De Deposição Metálica E Conceitos Afins	Francisco Júnior W E; Ferreira L H; Hartwig D R	Brasil	Metodologia	models; representation; metallic deposition	eletroquímica	Questionários: qualitativo	Trabalho individual	Modelos físicos
RBPEC 2003, 3, 58	Uso Do Software Dicewin Na Química Geral (The Use Of The Dicewin Software In General Chemistry)	Santos F M T; Greca I M; Serrano A	Brasil	Metodologia	simulation programs; general chemistry; intermolecular forces; chemistry representations	interações intermoleculares	Desenho	Aula expositiva, Trabalho em grupo	Interativo
REEC 2005, 4	Promovendo Aprendizagem De Conceitos E De Representações Pictóricas Em Química Com Uma Ferramenta De Simulação Computacional	Santos F M T; Greca I M	Brasil	Investigação	chemistry concepts; pictorial representations; simulations	interações intermoleculares	Desenho, Vídeo/Áudio	Trabalho individual, Aula expositiva	Interativo
REEC 2008, 7, 629	Modelar La Naturaleza Discontinua De La Materia: Una Propuesta Para La Escuela Media	Giudice J; Galagovsky L	Argentina	Investigação	teaching; learning; model; analogy; particulate nature of matter	Natureza particular da matéria	Desenho, Questionários: quantitativo	Aula expositiva, Trabalho em laboratório, Trabalho individual, Grupo de discussão	Ilustração eletrônica

**Tabela 1S.** Dados a partir dos quais se realizou o estudo (continuação)

Ref.	Título	Autores	País da instituição do 1º autor	Tipo de artigo	Palavras-chave	Conceitos (até 2)	Metodologia de pesquisa (até 4)	Metodologia usada no contexto educacional (até 5)	Meio suporte didático 1 (até 3)
REEC 2009, 8, 440	Integración De Elementos Didácticos Y Del Diseño Em El Software Educativo Hipermedial "Estequiometría. Contando Masas, Moles Y Partículas"	Grisolia M; Grisolia C V	Venezuela	Recurso didático	educational software; graphic design; stoichiometry; chemistry teaching and learninf	estequiometria	Entrevistas, Mapa conceitual	Grupo de discussão, Trabalho em grupo	Interativo
REEC 2010, 9, 18	Uso De Um Software De Construção De Modelos Moleculares No Ensino De Isomeria Geométrica: Um Estudo De Caso Baseado Na Teoria De Mediação Cognitiva	Raupp D; Serrano A; Martins T L C; Souza B C	Brasil	Metodologia	computer simulations; isomers; theories of cognition and learning; representations	isomeria	Desenho, Questionários: quantitativo	Aula expositiva, Trabalho individual	Interativo
Res. Sci. Educ. 2004, 34, 1	Students' Understanding Of The Descriptive And Predictive Nature Of Teaching Models In Organic Chemistry	Treagust D F; Chittleborough G D; Mamiala T L	Austrália	Metodologia	mental models; organic chemistry; scientific models; teaching model; uppersecondary science	estrutura molecular	Likert, Vídeo/Áudio, Entrevistas,	Aula expositiva, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo, Modelos físicos, Ilustração em papel
Res. Sci. Educ. 2008, 38, 463	Correct Interpretation Of Chemical Diagrams Requires Transforming From One Level Of Representation To Another	Chittleborough G; Treagust D	Austrália	Metodologia	chemical diagrams; chemistry; representations; explanations; non-major; first-year university	vários	Questionários: quantitativo, Pré/Pós-testes, Entrevistas	Trabalho individual, Outros	Ilustração eletrônica, Ilustração eletrônica
Res. Sci. Educ. 2009, 39, 495	The Effect Of Three-Dimensional Simulations On The Understanding Of Chemical Structures And Their Properties	Urhahne D; Nick S; Schanze S	Alemanha	Investigação	three dimensional simulations; information technology; conceptual knowledge; spatial ability; chemistry education	estrutura molecular	Likert, Pré/Pós-testes, Desenho	Trabalho individual, Trabalho em grupo	Interativo, Ilustração eletrônica
Res. Sci. Educ. 2010, 40, 375	Learning Using Dynamic And Static Visualizations: Students' Comprehension, Prior Knowledge And Conceptual Status Of A Biotechnological Method	Yarden H; Yarden A	Israel	Investigação	animations; biotechnology education; conceptual status; dynamic visualization; prior knowledge; static visualization	PCR,	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo, Vídeo/Áudio	Aula expositiva, Trabalho individual, Trabalho em grupo, Grupo de discussão	Interativo, Ilustração eletrônica
Sci. Edu. 2003, 87, 794	Linking Phenomena With Competing Underlying Models: A Software Tool For Introducing Students To The Particulate Model Of Matter	Snir J; Smith C L; Raz G	Israel	Investigação	Não citadas	Natureza particular da matéria,	Pré/Pós-testes, Entrevistas	Trabalho individual	Interativo
Sci. Edu. 2004, 88, 465	Exploring Visuospatial Thinking In Chemistry Learning	Hu H K; Shah P	Taiwan	Revisão	Não citadas	Não especificado	Outros	Outros	Outros
Sci. Edu. 2005, 89, 117	Enhancing Undergraduate Students' Chemistry Understanding Through Project-Based Learning In An It Environment	Barak M; Dori Y J	EUA	Investigação	Não citadas	vários	Pré/Pós-testes, Likert, Entrevistas	Outros, Trabalho individual	Interativo
Sci. Edu. 2006, 90, 1073	Visual Representations In Science Education: The Influence Of Prior Knowledge And Cognitive Load Theory On Instructional Design Principles	Cook M P	EUA	Revisão	Não citadas	Não especificado	Outros	Outros	Outros
Sci. Edu. 2008, 92, 848	The Influence Of Prior Knowledge On Viewing And Interpreting Graphics With Macroscopic And Molecular Representations	Cook M; Wiebe E N; Carter G	EUA	Investigação	Não citadas	transporte celular	Pré/Pós-testes, Entrevistas	Trabalho individual	Ilustração eletrônica
Sci. Edu. 2010, 94, 73	The Impact Of Designing And Evaluating Molecular Animations On How Well Middle School Students Understand The Particulate Nature Of Matter	Chang H Y; Quintana C; Krajcik J S	Taiwan	Investigação	Não citadas	Natureza particular da matéria	Pré/Pós-testes, Questionários: quantitativo, Entrevistas	Trabalho individual	Interativo