

# O uso de modelos qualitativos como recurso didático para o Ensino de Ciências

## The use of qualitative models as didactic resource for Science teaching

**Paulo Vitor Teodoro de Souza**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano/Catalão)/  
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC) da  
Universidade de Brasília (UnB)  
[paulovitorteodoro@yahoo.com.br](mailto:paulovitorteodoro@yahoo.com.br)

**Paulo Salles**

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC) da  
Universidade de Brasília (UnB)  
[paulosalles@gmail.com.br](mailto:paulosalles@gmail.com.br)

**Ricardo Gauche**

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC) da  
Universidade de Brasília (UnB)  
[ricardogauche@gmail.com.br](mailto:ricardogauche@gmail.com.br)

### Resumo

Este texto apresenta resultados parciais de uma pesquisa que investiga o uso de modelos de simulação, fundamentados em técnicas desenvolvidas em Raciocínio Qualitativo (RQ), na Educação em Ciências. O RQ é uma área da Inteligência Artificial (IA) que utiliza raciocínio simbólico sobre quantidades para representar funções matemáticas e produzir simulações sem o uso de números. Diante disso, elaboramos um modelo qualitativo, na plataforma *DynaLearn*, para ser utilizado no Ensino de Ciências. *DynaLearn* é dotado de uma interface gráfica, e funcionalidades baseadas em técnicas da IA, que facilitam a construção de modelos e a apresentação de simulações. Como resultado deste trabalho, descrevemos um modelo de simulação que contribui para a compreensão de efeitos do desmatamento no ambiente e em corpos hídricos, que pode ser explorado por professores e estudantes na superação de um ensino descontextualizado e baseado na memorização de regras.

**Palavras chave:** Ensino de Ciências, Modelos Qualitativos, Materiais de Ensino.

### Abstract

This text presents partial results in a research effort aiming to investigate the uses in Science Education of simulation models based in techniques developed in Qualitative Reasoning (QR). QR is an area of the Artificial Intelligence that uses symbolic reasoning to represent mathematical functions and to produce simulations without using numbers. Therefore, we elaborate a qualitative model on the *DynaLearn* platform to be used in the Science Teaching. *DynaLearn* has a graphical interface, which facilitates the construction of models and the

presentation of the results of simulation. In this paper we describe a simulation model that contributes to the understanding of the effects of the deforestation in the environment and water bodies, and can be explored by teachers and students to overcome teaching lessons without a context, based on memorization of rules.

**Key words:** Teaching materials, Qualitative models, Science Teaching.

## Introdução

O exercício da docência exige, entre outras habilidades, a elaboração de estratégias didáticas que colaboram com as ações escolares, sobretudo na sala de aula. É importante que essas estratégias de ensino sejam articuladas com outras áreas do conhecimento, buscando uma educação interdisciplinar, e também contextualizada, superando o Ensino de Ciências pragmático, a-problemático, baseado em regras e fórmulas.

Uma possível estratégia se refere ao uso de modelos no Ensino de Ciências. Ferreira e Justi (2008) mostram o potencial da educação científica pautada em atividades de modelagem, promovendo uma compreensão real sobre os fenômenos naturais que ocorrem ao nosso redor. No entanto, o uso de modelos no Ensino de Ciências é uma área de estudos relativamente nova, no Brasil, que vem tomando corpo a partir do início dos anos 2000. Dessa forma, um dos problemas que enfrentamos é a pouca quantidade de investigações voltadas para o uso de modelos no ensino de Ciências e Química, bem como para a efetiva utilização, desses recursos, em sala de aula.

Assim, foi desenvolvido o software *DynaLearn* ([www.dynalearn.eu](http://www.dynalearn.eu)), plataforma de modelagem que utiliza técnicas desenvolvidas por uma área da Inteligência Artificial (IA), conhecida por Raciocínio Qualitativo (RQ), que mostra, diagramaticamente, possíveis relações causais entre os assuntos trabalhados e a previsão de resultados de simulações. O *DynaLearn* possibilita adquirir conhecimentos conceituais por meio da construção de modelos qualitativos e simulação de como os sistemas se comportam (BREDEWEG *et al.* 2013). Salles *et. al.* (2012) demonstram que modelos qualitativos podem ser importantes aliados do professor na comunicação de conceitos complexos, pois possibilitam a contextualização dos conteúdos científicos, a representação dos sistemas físicos e naturais, e, também, a identificação das relações de causalidade.

Dessa forma, entendemos os modelos de simulação qualitativos como um importante instrumento para desenvolver habilidades de raciocínio lógico-dedutivo e de tomada de decisões. Com isso, surge a possibilidade de obter explicações em um contexto de aprendizado possível para a sala de aula. Assim, este trabalho, apresenta resultados preliminares de uma pesquisa de doutoramento que investiga o uso de modelos qualitativos como estratégia para a elaboração de materiais didáticos no Ensino de Ciências, a partir da compreensão da estrutura e do funcionamento de sistemas complexos. Por conta da extensão limitada deste texto, optamos por apresentar os resultados referentes ao modelo ‘Vegetação e Meio Ambiente’. A escolha pelo modelo, aqui apresentado, se justifica por tratar de um tema atual, complexo, presente nas discussões ambientais e, geralmente, trabalhado nas disciplinas de Ciências da Natureza na Educação Básica.

## Abordagem escolhida para este trabalho

A abordagem escolhida para este trabalho baseia-se na Teoria Qualitativa dos Processos (TQP), apresentada por Forbus (1984). Nessa abordagem, os fenômenos podem ser modelados na forma de objetos, cujas propriedades contínuas (por exemplo, massa, altura, volume, etc.) são descritas por quantidades. A suposição central da TQP é que os processos são as causas principais de mudanças nos objetos (FORBUS, 1984). Assim, um sistema é definido como uma junção de objetos, suas propriedades, as relações entre elas, bem como os processos que ocorrem e causam mudanças no sistema.

Para a elaboração dos modelos baseados em RQ, utilizamos o ambiente de aprendizagem *DynaLearn*. Este *software* é dotado de uma interface gráfica, na qual são construídos os modelos de simulações em que é possível realizar operações de raciocínio dedutivo. A construção de modelos acontece a partir da seleção de ícones, aos quais estão associados a elementos de modelagem, tais como entidades (os objetos que compõem o sistema) e configurações (vinculação entre objetos); quantidades (variáveis que representam propriedades contínuas dos objetos do sistema [as entidades]) e os respectivos espaços quantitativos (conjunto de possíveis valores qualitativos que as variáveis podem assumir); e as influências (que estabelecem as relações causais entre as quantidades, explicitam quais são as quantidades influenciadoras e as influenciadas, e o tipo de influência).

## O desenvolvimento do modelo

O modelo ‘Vegetação e Meio Ambiente’ mostra os efeitos que o desmatamento tem no ambiente e nos corpos hídricos. Primeiro, identificamos as entidades do material didático: ‘Ambiente’ e ‘Corpos hídricos’. Posteriormente, apontamos a configuração entre as entidades vinculadas. Esses elementos são apresentados no Quadro 1, identificando a relação das entidades (influenciadora e influenciada), bem como as configurações:

Entidade influenciadora	Configuração	Entidade influenciada
Ambiente	Contém	Corpos Hídricos

Quadro 1. Entidades e configurações.

Em seguida, identificamos as quantidades associadas às entidades que compõem a estrutura do sistema, aquelas que representam características variáveis das entidades. Apresentamos, no Quadro 2, as entidades, as quantidades, o espaço quantitativo e o significado de cada variável representada no modelo de simulações.

Entidade	Quantidade	Espaço quantitativo	Explicação da Quantidade
	<i>Disponibilidade de recursos naturais</i>	<i>Pequeno, Médio, Grande</i>	Elementos da natureza úteis para o ser humano, no processo de desenvolvimento e sobrevivência da sociedade. Podem ser renováveis e não renováveis.
	<i>Taxa de desmatamento</i>	<i>Minus, Zero, Plus</i>	Desaparecimento completo e permanente de florestas, atualmente causado em sua maior parte por atividades humanas.
	<i>Vegetação</i>	<i>Pequeno, Médio, Grande</i>	Refere-se às formas de vida que cobrem os solos, as estruturas espaciais ou qualquer outra medida específica ou geográfica que possua características botânicas.

Ambiente	<i>Dióxido de carbono</i>	<i>Pequeno, Médio, Grande</i>	Substância fundamental para os seres vivos e matéria prima para vegetais realizarem a fotossíntese. As concentrações de dióxido de carbono na atmosfera vêm aumentando devido, principalmente, ao desmatamento e à queima de combustíveis fósseis. Esse gás contribui para o aumento do efeito estufa e o aquecimento global. Nesse sentido, o gás em excesso representa poluição do ar.
	<i>Poluição do ar</i>	<i>Pequeno, Médio, Grande</i>	Representa a existência de substâncias gasosas, sólidas ou líquidas presentes na atmosfera, que podem se tornar prejudiciais à saúde humana e ao ambiente.
	<i>Qualidade do solo</i>	<i>Ruim, Razoável, Bom</i>	Caracteriza a capacidade do solo em desempenhar as funções essenciais para o homem e para o ambiente. A qualidade do solo não está limitada somente aos solos agrícolas, mas também como a capacidade em funcionar continuamente como um ecossistema que possa sustentar plantas, animais e seres humanos.
	<i>Sedimento</i>	<i>Pequeno, Médio, Grande</i>	Representa material fragmentário, originado de erosão e decomposição de rochas e solos, o qual é transportado por agentes geológicos, como água, ar, correntes e gelo.
Corpos hídricos	<i>Turbidez</i>	<i>Pequeno, Médio, Grande</i>	Característica física dos fluidos que se traduz na redução da sua transparência devido à presença de materiais em suspensão que interferem com a passagem da luz através do fluido.
	<i>Qualidade da água</i>	<i>Ruim, Satisfatória, Boa</i>	Conjunto de características físicas, químicas e biológicas que a água apresenta, de acordo com a sua utilização.

Quadro 2: Descrição das quantidades associadas às entidades.

## Resultados

Elaboramos, em *DynaLearn*, o cenário do modelo ‘Vegetação e meio ambiente’, disponível na Figura 8. O cenário representa a estrutura do sistema, com entidades, configurações e valores iniciais das quantidades (representados pela seta azul, ver na Figura 8). As quantidades são constituídas dos valores de *magnitude* (o tamanho da quantidade, por exemplo, ‘Zero’, ‘Pequeno’, ‘Grande’) e a *derivada* (que mostra a ‘direção’ da quantidade), que podem ter os valores incluídos no conjunto {crescendo, estável (zero), diminuindo}. Inserimos os valores iniciais nas magnitudes das quantidades e, ao rodarmos a simulação, *DynaLearn* possibilita gerar todos os resultados possíveis, incluindo os valores da derivada.

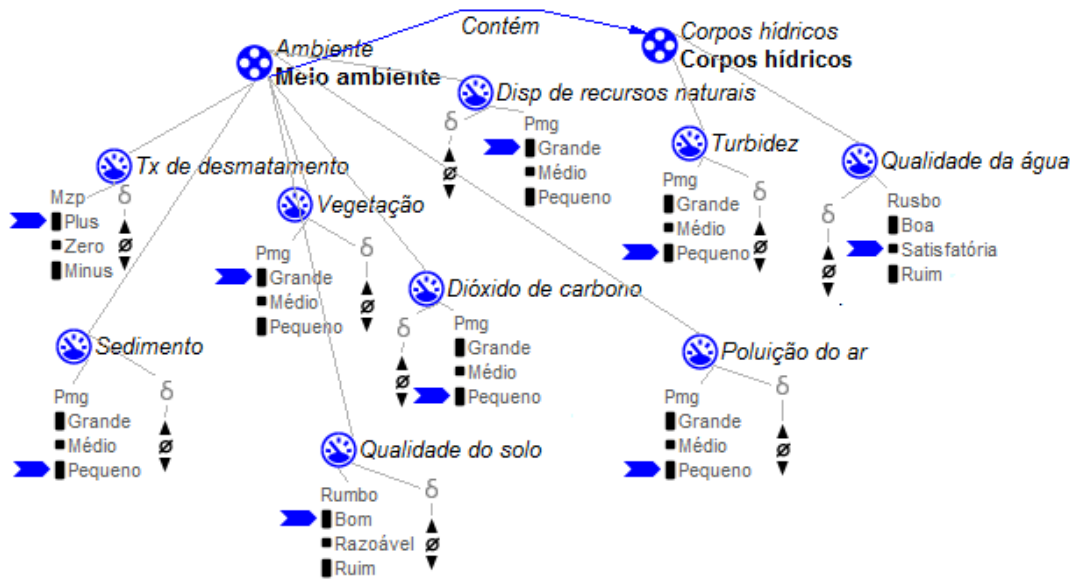


Figura 8: Cenário do modelo ‘Vegetação e meio ambiente’.

A simulação começa com um estado inicial e produz 55 estados. A figura abaixo mostra o grafo de estados (diagrama dos estados do sistema durante a simulação e as possíveis transições entre eles), com a trajetória de comportamento escolhida para apresentação neste texto, constituída pelos estados [1, 2, 10, 21, 35, 24, 25]:

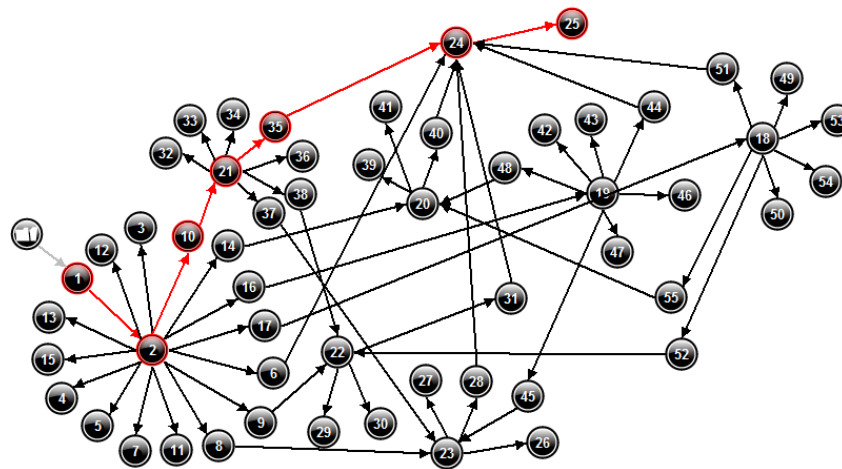


Figura 9: Grafo de estados resultante da simulação do modelo ‘Vegetação e meio ambiente’.

O estado 21 foi selecionado para ilustrar o modelo causal (Figura 10), o qual explica diversos aspectos do comportamento do sistema.

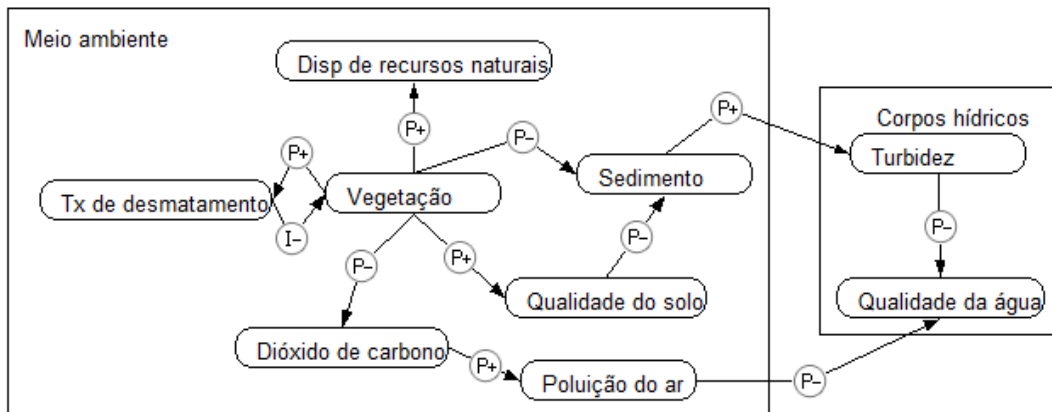


Figura 10: Modelo causal do Cenário 'Vegetação e meio ambiente'.

Nesse modelo causal temos um processo, indicado pela influência direta (I-). Esse processo provoca mudança em todo sistema, uma vez que nele inicia a cadeia de causalidade. A *proporcionalidade qualitativa* (P+) entre a quantidade e a taxa (*Taxa de desmatamento* ← *Vegetação*) representa o mecanismo de retroalimentação balanceadora do sistema, o que indica que o processo será controlado e não continua ativo indefinidamente (ver o estado final da simulação na Figura 11, em que todas as quantidades estão estabilizadas).

A influência direta negativa (I-) indica que o valor da *Taxa* será subtraído da *Vegetação*, o que implica, então, na diminuição da *Vegetação*. Podemos perceber que *Vegetação* influencia a *Disponibilidade de recursos naturais* e *Qualidade do solo*, ambos pela proporcionalidade qualitativa P+, o que significa que se a influenciadora aumentar, as quantidades influenciadas aumentarão na mesma direção. Por outro lado, se a influenciadora diminuir, essas quantidades (influenciadas) também diminuirão.

A quantidade *Sedimento* também é afetada por *Vegetação*, mas em direção oposta (P-), e por *Qualidade do solo*, na mesma direção (P+). A quantidade *Sedimento* afeta, no mesmo sentido, a *Turbidez* da água, e esta, por sua vez, influencia, em direção oposta, a *Qualidade da água*. *Vegetação* também influencia, no sentido contrário, a quantidade *Dióxido de carbono*, disponível no 'Ambiente'. O gás carbônico altera, na mesma direção, a *Poluição do ar*, e esta afeta, em sentido oposto, a *Qualidade da água*. Os valores assumidos por todas as quantidades representadas no modelo durante a simulação são apresentados na Figura 11. Esses diagramas da história dos valores (em inglês, *Value History Diagram* – VHD) das quantidades permitem perceber as mudanças ocorridas nas transições entre os estados: [1] → [2] → [10] → [21] → [35] → [24] → [25].

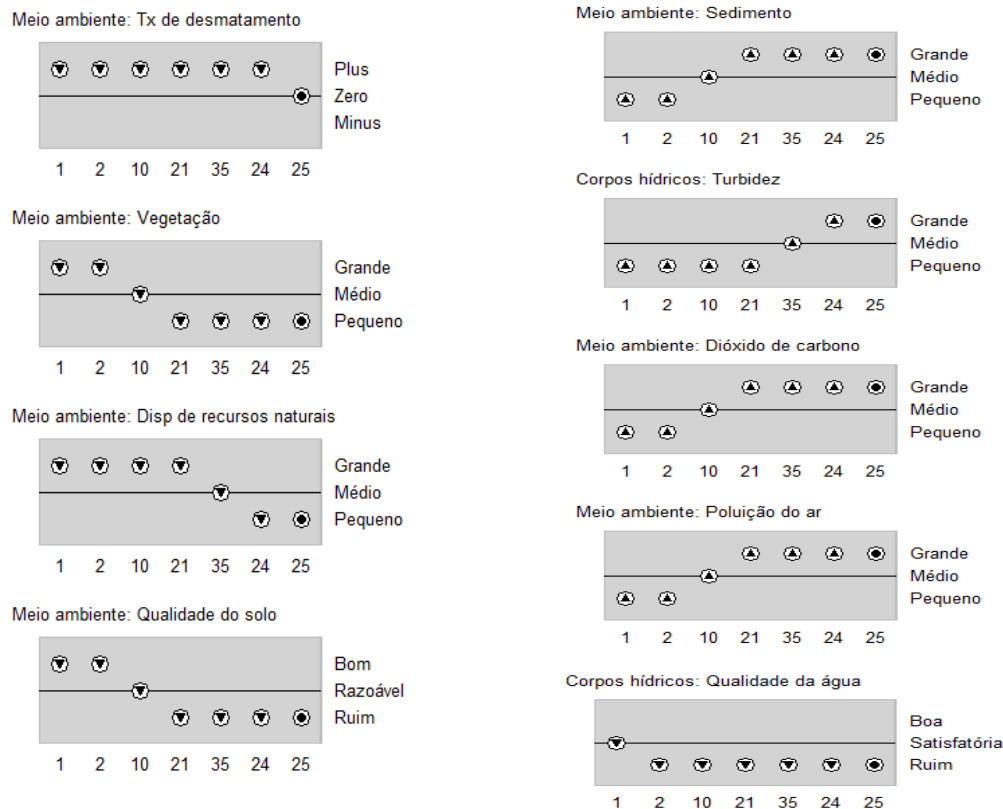


Figura 11: Diagramas da história de valores das quantidades, obtidos na simulação do modelo ‘Vegetação e meio ambiente’.

## Discussão

O modelo possibilitou que as relações de causalidade fossem explicitadas. Além disso, os resultados da simulação mostraram os detalhes mais importantes do comportamento do sistema, representando os efeitos do desmatamento quando este processo está ativo. Um importante ponto a ser considerado é a possibilidade de envolver os estudantes em um processo que favoreça a compreensão da estrutura e do funcionamento do sistema a ser representado.

O ambiente de aprendizagem utilizado, *DynaLearn*, permite aos usuários externar suas abstrações, que podem ser representadas por expressões diagramáticas. Essas representações facilitam a construção de conhecimento e entendimento de fenômenos, comparados a representações apresentadas apenas em linguagem verbal ou escrita, as quais são de difícil compreensão. Por isso, são poucos os exemplos do uso de modelos de simulação no ambiente da educação básica, já que muitos desses são, quase sempre, dependentes de dados numéricos e funções matemáticas complexas.

Os modelos qualitativos têm por objetivo possibilitar o desenvolvimento de uma visão sistêmica dos fenômenos, no contexto da educação básica, a partir de sistemas dinâmicos. Essa abordagem, portanto, identifica-se com a Dinâmica de Sistemas (*System Dynamics*) (FORRESTER, 2009) e promove o “Pensamento Sistêmico” (*Systems Thinking*), discutido por Caulfield e Maj (2001), em que os estudantes são motivados a pensarem em sistemas, refletindo como os fenômenos se relacionam mutuamente.

Além disso, em nosso modelo, a leitura da causalidade pode favorecer o raciocínio lógico-dedutivo, utilizando-se sentenças do tipo “Se... Então...” e “Y aconteceu Porque X...”. Essas

características, segundo Alves (2015) e Cavalcante (2015), são importantes aliadas do professor em aplicações de atividades educacionais quem explorem o raciocínio dedutivo dos estudantes.

Além de avaliar o material já preparado sobre o modelo ‘Vegetação e Meio Ambiente’, com estudantes e professores, a continuidade do trabalho aqui apresentado inclui a reconstrução deste modelo, acompanhada dos respectivos recursos didáticos. Essa é outra característica enriquecedora do *DynaLearn*, uma vez que possibilita a remodelagem de recursos didáticos já elaborados, incrementando os materiais a partir de possíveis relações de causa e efeito identificadas no sistema.

## Considerações finais

Ferreira e Justi (2008) mostram que a aprendizagem pode ocorrer mais efetivamente ao construir e manipular modelos do que, apenas, fazer observações. Dessa forma, apresentamos os modelos qualitativos como recursos didáticos explicativos, que possibilitam contextualizar, problematizar, explicar mecanismos com base no funcionamento das partes do sistema, explicar fenômenos relacionados a esses componentes, perceber a dinamicidade das relações entre os conteúdos abordados e, ainda, prever os possíveis resultados. Este é o grande potencial de modelos de simulação qualitativos.

Neste trabalho, apresentamos um modelo com característica interdisciplinar, o qual também explora discussões sobre o desmatamento em aulas de Ciências. Certamente, a descrição dos problemas apresentados neste recurso didático foi forçosamente simplificada, especialmente no que se refere às discussões propiciadas pelo inverso da taxa de desmatamento (reflorestamento). Poderíamos, com facilidade, formular cenários que evidenciem a regeneração da vegetação, mas por limite da extensão do texto, não foi possível inserir situações que evidenciem tais fenômenos.

Apresentamos aspectos preliminares desta pesquisa que busca construir efetivos recursos didáticos, baseados em RQ, que possibilitem uma nova ferramenta para o Ensino Ciências, na qual visa a superação de um ensino baseado na memorização, conteudista e descontextualizado. O recurso didático mostra que os conteúdos escolares de Ciências podem ser trabalhados de forma contextualizada e interdisciplinar possibilitando aos estudantes novas maneiras de enxergar as inter-relações presentes em nosso cotidiano. O uso de modelos qualitativos não se configura apenas como ferramenta auxiliar do professor, mas como recurso didático-pedagógico com potencial para desenvolver habilidades e competências nos estudantes, aspectos que serão discutidos em trabalhos futuros.

## Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC) da Universidade de Brasília (UnB) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano).

## Referências

ALVES, F. B. **Raciocínio qualitativo e desenvolvimento de raciocínio hipotético-dedutivo**: uma proposta para alunos surdos. 2015. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Faculdade de Planaltina, Instituto de Química - Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2015.

BREDEWEG, B.; LIEM, J.; BEEK, W.; LINNEBANK, F.; GRACIA, J.; LOZANO, E.; WIBNER, M.; BÜHLING, R.; SALLES, P.; NOBLE, R.; ZITEK, A.; BORISOVA, P.; MIODUSER, D. DynaLearn – An Intelligent Learning Environment for Learning Conceptual Knowledge. *AI Magazine*, v. 34, n.º 4, p. 46-65, 2013.

CAULFIELD, C. W.; MAJ, S. P. A case for Systems Thinking and System Dynamics. *In: PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS*, 2001, Tucson/EUA. *Anais...* Tucson: ECU Edith Cowan, 2001. p. 2793 – 2798.

CAVALCANTE, T. F. **Avaliação do Uso de Modelagem Qualitativa com Apoio de Agentes Aprendizes Virtuais na Compreensão da Dinâmica de Sistemas por Alunos do Ensino Fundamental**. 2015. 181f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Faculdade de Planaltina, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 2015.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. *Química Nova na Escola*, n. 28, p. 32-36, 2008.

FORBUS, K. D. Qualitative process theory. *Artificial Intelligence*, v. 24, n. 1, p. 85-168, 1984.

FORRESTER, J. W. **Learning through System Dynamics as Preparation for the 21st Century**. Portland, OR: Productivity Press. Reviewed in 2009. Disponível em: <http://web.mit.edu/sysdyn/sd-intro/D-4434-1.pdf>. Acesso em 27 set 2018.

SALLES, P.; SOUZA, A.; NOBLE, R.; ZITEK, A.; BORISOVA, P.; LEIBA, M.; BREDEWEG, B. **DynaLearn curriculum for environmental science**. DynaLearn Project, EC FP7 STREP project 231526, Deliverable D6.5, 2012.