



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação  
Instituto de Ciências Biológicas  
Instituto de Física  
Faculdade de Planaltina  
Instituto de Química  
**Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências**  
**Doutorado em Educação em Ciências**

**MODELOS DE SIMULAÇÃO QUALITATIVOS COMO  
ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

**PAULO VITOR TEODORO DE SOUZA**

**Brasília, DF  
2019**

**PAULO VITOR TEODORO DE SOUZA**

**MODELOS DE SIMULAÇÃO QUALITATIVOS COMO  
ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências da Universidade de Brasília, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Sérgio Bretas de Almeida Salles, e coorientação do Prof. Dr. Ricardo Gauche.

**Brasília, DF  
2019**

## **Folha de Aprovação**

Comunicamos a aprovação da Defesa de Tese do (a) aluno (a) **Paulo Vitor Teodoro de Souza**, matrícula nº **15/0163169**, intitulada *“Modelos de Simulação Qualitativos como Estratégia para o Ensino de Ciências”*, apresentada no (a) Auditório do CDT da Universidade de Brasília (UnB) em 4 de dezembro de 2019.

Prof. Dr. Paulo Sérgio Bretas de Almeida Salles  
Presidente de Banca (IB/UnB)

Prof. Dr. Bert Bredeweg  
Membro Titular (NL)

Prof.<sup>a</sup> Dra. Alice Melo Ribeiro  
Membro Titular (IB/UnB)

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria de Fátima Ramos Brandão  
Membro Titular (CIC/ UnB)

Prof. Dr. Roberto Ribeiro da Silva  
Membro Suplente (IQ/UnB)

Em 4 de dezembro de 2019.

À minha mãe, Nirlei Teodoro, dedico esta  
Tese.

## AGRADECIMENTOS

Chegar até aqui somente foi possível pela inspiração, carinho e colaboração de várias pessoas. Longe de acreditar que em poucas palavras farei a retribuição necessária, mas quero aqui reconhecer aqueles/as que contribuíram de forma substancial para a conclusão desta importante etapa da minha vida. Farei uma breve lista em que contemplo as pessoas queridas que estiveram comigo ao longo dessa trajetória! Desde já, manifesto a minha **gradidão** a todos/as vocês. Assim, agradeço aqui:

Ao nosso Deus, Pai celestial, que me proporcionou sabedoria, paciência e concentração, abençoando para que cada etapa desta pesquisa fosse realizada!

À minha Mamãe, Nirlei. A ela dedico esta Tese e todas as outras conquistas da minha vida. Foram pelos esforços dela que eu consegui chegar a um Doutorado. Responsável e referência em nosso lar, dedicando toda a sua vida à família, fez [e faz] muito mais do que estava [está] ao seu alcance para que eu tivesse condições de me tornar um Professor, Mestre e, agora, Doutor. Mamãe, minha eterna gradidão. Você é a minha heroína e devo tudo isso a você! Muito, muito obrigado por tudo! Eu te amo!!!

Ao meu Pai, Vitornélio, que foi o suporte da nossa família. Em meio a tantas dificuldades que passamos, especialmente quando eu estava na escolarização básica, entre elas a financeira, me deu condições para estudar (que infelizmente ele não teve). Sempre me direcionou e me deu forças para seguir no caminho que eu acreditava. Muito obrigado, meu Pai!

Aos meus irmãos, James, Isabela e Valentina, que inclusive peço desculpas pelos afastamentos involuntários. Obrigado também pelos gestos de carinho e incentivos nesta formação. Isabela, obrigado pela importante contribuição com as transcrições que precisei realizar neste trabalho.

À minha noiva, Khatlyn, pela enorme paciência, carinho, atenção e companheirismo. Foram vários finais de semana reprogramados por conta dos meus trabalhos com esta pesquisa. Tenho muito a lhe agradecer, especialmente por sua compreensão nos meus momentos de ausência destinados ao doutorado, e também por suas palavras de carinho e superação durante essa trajetória. Ainda com sua curta disponibilidade de tempo, também me ajudou muito com as transcrições deste trabalho.

Ao Prof. Paulo Salles, meu orientador, uma das pessoas mais inspiradoras e competentes que conheço, com tamanha experiência acadêmica e elevados trabalhos produzidos. Foram muitas “Sessões coruja” ao longo desta pesquisa, sacrificando os seus poucos momentos de descanso e atenção com a sua família. Agradeço por acreditar em mim e me encorajar frente aos desafios; pelas inúmeras indicações [e busca] de bibliografia; pela disponibilidade em discutir os textos comigo, principalmente aqueles técnicos e que, de fato, sem você seria difícil para entender; por me ajudar incansavelmente na construção e proposição de materiais, com o intuito principal de

trazer a compreensão de mundo dos estudantes; por me mostrar os melhores caminhos a serem percorridos nessa pesquisa; e, por fim, pela paciência que precisou fortalecer nesses últimos quatro anos de trabalho. Tudo que aprendi com você foi fundamental na minha formação. Prof. Salles, muito obrigado!

Ao Prof. Ricardo Gauche, pela sensibilidade, atenção, e carinho com a minha pessoa. Também foi decisivo para o êxito de muitas etapas desta pesquisa. Obrigado, Prof. Gauche, por ter me recebido no Programa de Doutorado e obrigado por me mostrar e contribuir na definição do caminho a ser percorrido.

Aos servidores [Docentes e Administrativos] do Instituto de Química da Uninversidade de Brasília (UnB), e em especial, aqueles/as colaboradores/as do Programa de Pós Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC).

Ao Prof. Wildson Luis Pereira dos Santos (*in memorian*), e também à sua família, pois quando cheguei para cursar o Doutorado, sem ainda nem me conhecer, me deu importante suporte, me recebendo em sua residência, por onde fiquei no 1.º ano do curso de Doutorado. Minha eterna gratidão, Prof. Wildson.

À Profa. Maria Stela Gondin, uma amiga, que me incentivou a vir para Brasília cursar o Doutorado, que me acolheu em sua residência nos momentos que precisei, e ainda pude compartilhar as minhas aflições durante este período.

À Profa. Jeniffer Toledo, pela colaboração com as análises estatísticas realizadas na Pesquisa.

*Thank you Professor Bert Bredeweg for providing student access to the DynaLearn web platform. I also appreciate your availability to participate in the assessment of this Thesis.*

À Prof.<sup>a</sup> Alice Melo Ribeiro e à Prof.<sup>a</sup> Maria de Fátima Brandão, pela disponibilidade em participar da avaliação desta Tese. Agradeço ainda à Prof.<sup>a</sup> Alice, e também ao Prof. Carlos Hiroo Saito, pelas importantes contribuições no exame de Qualificação.

Aos amigos/as do PPGEduC, em especial aos colegas da 1.<sup>a</sup> turma, pois passamos, pelo menos, os 12 primeiros meses juntos, semanalmente, compartilhando experiências em nossas atuações acadêmico-profissionais.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) que me concedeu o afastamento das atividades docentes, essencial para que pudesse me dedicar a esta pesquisa de doutoramento, possibilitando o meu crescimento profissional enquanto Professor, Pesquisador e extensionista. Agradeço, particularmente, aos meus colegas, servidores [Docentes e Administrativos], pela compreensão do meu afastamento, torcida, vibrações e amizade.

E, finalmente, agradeço aos estudantes que participaram deste trabalho, pelo entusiasmo que me contagiava a cada encontro. Vocês me motivaram ainda mais na incansável busca de uma Educação melhor!

“The function of education is to teach one to think intensively and to think critically”  
(Martin Luther King, Jr)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A função da educação é ensinar alguém a pensar intensamente e a pensar criticamente.  
(Tradução nossa).



## RESUMO

Nesta Tese apresentamos resultados de uma pesquisa que buscou elaborar e utilizar modelos qualitativos de simulação para construir materiais didáticos, além de demonstrar que estudantes da educação básica são capazes de compreender fenômenos complexos e desenvolver uma visão sistêmica a partir da exploração desses modelos. Para isso, adotamos técnicas desenvolvidas em uma área da Inteligência Artificial (IA), denominada Raciocínio Qualitativo (RQ), para representar fenômenos estudados na Química e em outras áreas das Ciências Naturais, especialmente aqueles passíveis de serem utilizados no Ensino Médio. Além do RQ, implementado de acordo com a Teoria Qualitativa dos Processos (TQP), adotamos também, como base teórica desta investigação, a Dinâmica de Sistemas. Como ferramentas para construir e simular modelos qualitativos, utilizamos duas versões da plataforma *DynaLearn*, uma instalada nos computadores e outra com acesso direto pela internet. *DynaLearn* mostra, diagramaticamente, possíveis relações causais entre os componentes de um sistema e representações de funções matemáticas, as quais permitem calcular valores qualitativos de quantidades. A coleta de dados aconteceu por meio de técnicas de pesquisa qualitativa e quantitativa. Os resultados indicam que os estudantes se sentem motivados para as atividades de modelagem, principalmente em níveis mais avançados de *DynaLearn*, nos quais é possível representar fenômenos mais próximos da realidade. Além disso, os dados mostraram que houve diferenças estatisticamente significativas na compreensão dos estudantes sobre sistemas complexos, uma vez que eles foram capazes de reconhecer e identificar a estrutura de sistemas, prever e explicar o comportamento dos fenômenos modelados em simulações, e, ainda, prever os efeitos causados por processos antagônicos. Os dados também mostram que a modelagem qualitativa é um importante instrumento para que os estudantes possam pensar em sistemas dinâmicos, em contraposição da visão unilateral, e também desenvolver habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico, ainda que tenham considerado difícil a compreensão de mecanismos de retroalimentação. Os dados nos permitem considerar que a construção e manipulação de modelos qualitativos de simulação, por parte de estudantes, no âmbito de sala de aula, em abordagem *Learning by Modelling* (LbM), elaborados sob a ótica de uma Dinâmica Qualitativa de Sistemas, por favorecer o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico, contribuem para a melhoria do processo ensino-aprendizagem em Ciências.

**Palavras-chave:** Raciocínio Qualitativo. Sistemas Dinâmicos. *DynaLearn*.

## ABSTRACT

In this thesis we present results of a research that sought to elaborate and use qualitative simulation models to construct didactic materials, besides demonstrating that students of basic education are able to understand complex phenomena and develop a systemic view from the exploration of these models. For this, we adopted techniques developed in an area of Artificial Intelligence (AI), called Qualitative Reasoning (QR), to represent phenomena studied in Chemistry and other areas of Natural Sciences, especially those that can be used in high school. In addition to the RQ, implemented according to the Qualitative Process Theory (QPT), we also adopted, as theoretical basis of this investigation, the System Dynamics. As tools to build and simulate qualitative models, we use two versions of the DynaLearn platform, one installed on computers and another one with direct access over the internet. DynaLearn shows diagrammatically possible causal relationships between the components of a system and representations of mathematical functions, which allow qualitative values of quantities to be calculated. Data collection came through qualitative and quantitative research techniques. The results indicate students are motivated by modeling activities, especially at more advanced levels of DynaLearn, where it is possible to represent phenomena closer to reality. In addition, the data showed that there were statistically significant differences in students' understanding of complex systems, as they were able to recognize and identify system structure, predict and explain the behavior of simulated modeled systems; and also predict the effects caused by antagonistic processes. The data also showed that qualitative modeling is an important tool for students to think about dynamic systems, as opposed to unilateral vision, and also to develop skills related to system thinking, although they have found it difficult to understand feedback loops. The data allow us to consider the construction and manipulation of qualitative simulation models, by the students, in the classroom, in Learning by Modeling approach, elaborated from the perspective of a Qualitative Systems Dynamics, favoring the development of skills related to system thinking contribute to the improvement of the teaching-learning process in Sciences.

**Keywords:** Qualitative Reasoning. Systems Dynamics. DynaLearn.

## LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

DQS – Dinâmica Qualitativa de Sistemas

EaD – Educação à Distância

Enem – Exame Nacional do Ensino Médio

EQ – Espaço Quantitativo

FM – Fragmento de modelo

GD – Grupo de Discussão

IA – Inteligência Artificial

LbM – *Learning by Modelling* (Aprender modelando)

LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

LS - *Learning Space* (Espaço de Aprendizagem)

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

MQ – Modelagem Qualitativa

PAS – Programa de Avaliação Seria

Prolog – Linguagem de programação baseada em Lógica de Primeira Ordem

RQ – Raciocínio Qualitativo

Saeb – Sistema de Avaliação da Educação Básica

SD – *System Dynamics* (Dinâmica de Sistemas)

SIMPLE - *Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations*

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*

STELLA - *Software Structural Thinking Experimental Laboratory with Animation*

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TQP – Teoria Qualitativa dos Processos

UAB – Universidade Aberta do Brasil

UnB – Universidade de Brasília

VHD – *Value History Diagram* (Diagrama da História dos Valores)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Conceitos básicos de um sistema e de seu ambiente.....	27
Figura 2.2 – Três pilares para a Educação.....	31
Figura 5.1 – Mapa conceitual do modelo “Orla do lago”.....	54
Figura 5.2 – Modelo “Orla do lago”, em LS2.....	55
Figura 5.3 – Resultado da simulação do Modelo “Orla do lago”.....	55
Figura 5.4 – Modelo “Orla do lago”, em LS3.....	56
Figura 5.5 – Modelo “Orla do lago”, em LS3, com valores iniciais.....	57
Figura 5.6 – Grafo de estados do modelo “Orla do lago”, em LS3.....	57
Figura 5.7 – VHD do modelo “Orla do lago”, em LS3.....	57
Figura 5.8 – Modelo “Orla do lago”, em LS4.....	59
Figura 5.9 - Grafo de estados do modelo “Orla do lago”, em LS4.....	59
Figura 5.10 - VHD do modelo “Orla do lago”, em LS4.....	60
Figura 5.11 – Exemplo de tela no <i>Dyna web</i> .....	63
Figura 7.1 – Idade dos estudantes que participaram da intervenção.....	78
Figura 7.2 – Nível de conhecimento em informática dos participantes do curso....	79
Figura 7.3 – Modelo “Transição dos estados físicos com o aumento da temperatura”	85
Figura 7.4 – Grafo de estados do modelo “Transição dos estados físicos da água”..	85
Figura 7.5 – VHD obtido na simulação do modelo “Transição dos estados físicos da água com o aumento da temperatura”.....	86
Figura 7.6 – VHD obtido na simulação do modelo “Transição dos estados físicos da água com a diminuição da temperatura”.....	87
Figura 7.7 – Cenário do modelo “Evaporação com trocas de energia”.....	87
Figura 7.8 – Grafo de estados do modelo “Evaporação com trocas de energia”.....	89
Figura 7.9 – VHD do modelo “Evaporação com trocas de energia”.....	89
Figura 7.10 – Cenário do modelo “Evapo-condensação e Precipi-evaporação”.....	91
Figura 7.11 – Grafo de estados - “Evapo-condensação e Precipi-evaporação”.....	92
Figura 7.12 – VHD do modelo “Evapo-condensação e Precipi-evaporação”.....	92
Figura 7.13 – Cenário do modelo “Tempestade”.....	96
Figura 7.14 – Grafo de estados gerado no modelo “Tempestade”.....	96
Figura 7.15 – VHD do modelo “Tempestade”.....	97
Figura 7.16 – Grau de dificuldade sobre Entidades.....	99
Figura 7.17 – Grau de dificuldade sobre Configurações.....	100
Figura 7.18 – Grau de dificuldade sobre Quantidades.....	100
Figura 7.19 – Grau de dificuldade sobre Influências.....	100
Figura 7.20 - Grau de dificuldade sobre Simulações.....	100
Figura 7.21 – Grau de dificuldade sobre Cenário.....	101
Figura 7.22 – Grau de dificuldade sobre Expressão de modelo.....	101
Figura 7.23 – Grau de dificuldade sobre Ambiguidades.....	101
Figura 7.24 – Grau de dificuldade sobre Derivadas.....	101
Figura 7.25 – Grau de dificuldade sobre Magnitudes.....	102
Figura 7.26 – Grau de dificuldade sobre Valores Qualitativos.....	102
Figura 7.27 – Grau de dificuldade sobre Estados.....	103
Figura 7.28 – Grau de dificuldade sobre Grafo de estados.....	103
Figura 7.29 – Grau de dificuldade sobre Diagrama da História de Valores.....	103
Figura 7.30 – Grau de dificuldade sobre Comportamento.....	103
Figura 7.31 – Grau de dificuldade sobre Trajetórias.....	104

Figura 7.32 – Grau de dificuldade sobre Correspondências.....	104
Figura 7.33 – Grau de dificuldade sobre Processos.....	105
Figura 7.34 – Grau de dificuldade sobre Taxas.....	105
Figura 7.35 – Grau de dificuldade sobre Influências diretas.....	105
Figura 7.36 – Grau de dificuldade sobre Proporcionalidades Qualitativas.....	105
Figura 7.37 – Grau de dificuldade sobre Variáveis de estado.....	106
Figura 7.38 – Grau de dificuldade sobre Desigualdades.....	106
Figura 7.39 – Grau de dificuldade sobre Agentes.....	106
Figura 7.40 – Grau de dificuldade sobre Variáveis exógenas.....	106
Figura 7.41 – Grau de dificuldade sobre Retroalimentação balanceadora.....	107
Figura 7.42 – Grau de dificuldade sobre Retroalimentação reforçadora.....	107
Figura 7.43 – Grau de dificuldade sobre <i>DynaLearn</i> físico.....	108
Figura 7.44 – Grau de dificuldade sobre <i>Dyna web</i> .....	108
Figura 7.45 – Modelagem como estratégia nova no aprendizado dos estudantes....	109
Figura 7.46 – Modelagem como atividade motivadora.....	109
Figura 7.47 – Modelagem como estratégia para aprender novos assuntos.....	109
Figura 7.48 – Modelagem como facilitadora para elaborar respostas por escrito....	110
Figura 7.49 – Entendimento dos objetivos das atividades de modelagem.....	110
Figura 7.50 – Modelagem contribui para pensar em sistemas.....	110
Figura 7.51 – Simulações contribuem na compreensão de sistemas.....	110
Figura 7.52 – Modelagem pouco contribui para o entendimento de sistemas.....	111
Figura 7.53 – Simulações tornam difíceis as relações causais em um sistema.....	111
Figura 7.54 – Modelagem amplia a visão sobre fenômenos.....	112
Figura 7.55 – Modelagem contribui para pensar nos processos do ciclo da água...	112
Figura 7.56 – Modelagem incentiva aprender processos do ciclo da água.....	112
Figura 7.57 – Concepção da modelagem qualitativa.....	113
Figura 7.58 – Concepção da construção de mapas conceituais.....	113
Figura 7.59 – Construção de modelos em LS3.....	114
Figura 7.60 – Construção de modelos em LS4.....	114
Figura 7.61 – Atividades envolvendo simulações.....	114
Figura 7.62 – Construção de modelos em <i>DynaLearn</i> .....	114
Figura 7.63 – Identificação de aspectos relevantes em modelos verbais.....	115
Figura 7.64 – Diferença entre Entidades e Quantidades.....	115
Figura 7.65 – Diferença entre Is e Ps.....	115
Figura 7.66 – Descrição da estrutura de sistemas em LS2.....	116
Figura 7.67 – Espaços Quantitativos na descrição de variáveis.....	116
Figura 7.68 – Ambiguidade nas simulações.....	116
Figura 7.69 – Dificuldades para construção de modelos em LS2 e em LS3.....	117
Figura 7.70 – Conceito de Influências diretas, na concepção dos estudantes.....	119
Figura 7.71 – Respostas das diferenças entre taxas e variável de estado.....	120
Figura 7.72 – Grupos de respostas para o conceito de retroalimentação.....	122
Figura 7.73 – <i>DynaLearn</i> físico versus <i>Dyna web</i> , na concepção dos usuários.....	125
Figura 7.74 – Motivos mencionados pela preferência do <i>Dyna web</i> .....	125
Figura 7.75 – Grupos de respostas da seção ‘comentários gerais’.....	127
Figura 7.76 – Processos da transformação da água	171

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Habilidades para pensar sistemicamente segundo Richmond (1993)...	80
Quadro 2 - Habilidades e competências nas atividades de modelagem.....	81
Quadro 3 - Conceitos explorados e número de aulas em cada unidade do curso..	82
Quadro 4 – Valores da trajetória do comportamento do sistema.....	93
Quadro 5 – Categorização das respostas dos estudantes referente ao conceito de retroalimentação – turma A.....	123
Quadro 6 – Categorização das respostas dos estudantes referente ao conceito de retroalimentação – turma B.....	124
Quadro 7 – Quadro resumo dos testes realizados.....	130
Quadro 8 – Itens avaliados nas categorias elaboradas.....	132
Quadro 9- Dificuldades nas atividades de modelagem – turma A.....	140
Quadro 10 – Exemplos de processos na vida real e nos conteúdos escolares – Turma A.....	143
Quadro 11 – Dificuldades nas atividades de modelagem - turma B.....	146
Quadro 12 – Exemplos de processos na vida real e nos conteúdos escolares – turma B.....	148

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
1.1	Delineando os problemas de pesquisa.....	23
1.2	Objetivos.....	25
1.3	Forma e estrutura da Tese.....	25
<b>2</b>	<b>UMA REVISÃO DA DINÂMICA DE SISTEMAS.....</b>	<b>27</b>
2.1	Dinâmica de Sistemas na Educação.....	28
2.2	Proposta Educacional da Dinâmica de Sistema.....	30
2.3	Pressupostos da Dinâmica de Sistemas.....	33
2.4	<i>Learning by Modelling</i> .....	35
2.5	Conceitos da Dinâmica Qualitativa de Sistemas.....	38
<b>3</b>	<b>UMA REVISÃO DO RACIOCÍNIO QUALITATIVO.....</b>	<b>40</b>
3.1	Raciocínio Qualitativo na Educação.....	40
3.2	Sobre o Raciocínio Qualitativo.....	40
3.3	Contexto das pesquisas com aplicações do Raciocínio Qualitativo.....	41
<b>4</b>	<b>TEORIA QUALITATIVA DOS PROCESSOS.....</b>	<b>44</b>
4.1	Espaços Quantitativos.....	45
4.2	Noção de causalidade.....	46
4.3	Influências diretas e Proporcionalidades Qualitativas.....	47
4.4	Visões individualizadas na TQP.....	50
4.5	Fragmentos de modelo.....	51
<b>5</b>	<b>A BANCADA DE MODELAGEM: <i>DYNALearn</i>.....</b>	<b>52</b>
5.1	Considerações sobre o <i>DynaLearn</i> .....	52
5.2.	Dos elementos de <i>DynaLearn</i> .....	53
5.3.	<i>DynaLearn</i> físico versus o <i>Dyna web</i> .....	62
<b>6</b>	<b>PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>64</b>
6.1	Pesquisa Qualitativa e Pesquisa Quantitativa na Educação.....	64
6.2	Pesquisa Participante.....	65
6.3	Trajetória da Pesquisa.....	66
6.4	Instrumentos adotados.....	68
6.4.1	Questionários.....	68
6.4.2	Entrevistas.....	70
6.4.3	Grupo de Discussão.....	72
6.4.4	Avaliações com Pré-testes e Pós-testes.....	74
6.5	Breve contexto da escola.....	75
<b>7</b>	<b>RESULTADOS DA PESQUISA.....</b>	<b>77</b>
7.1	Perfil dos estudantes: caracterização importante para adaptações na intervenção.....	79
7.2	Modelagem qualitativa na escola: como as aulas foram pensadas?.....	80
7.3	Estrutura de curso com base nas ferramentas de <i>DynaLearn</i> .....	82
7.4	Da riqueza de um simples modelo de Química em <i>DynaLearn</i> até a complexidade de um Sistema Dinâmico: em foco a transformação dos estados físicos da água.....	84
7.4.1	Modelo da Transição dos estados físicos da água.....	84
7.4.2	Modelo da evaporação com trocas de energia.....	87
7.4.3	Ampliando a complexidade: Modelo da evaporação, condensação e precipitação envolvendo trocas de energia [Evapo-condensação e Precipitação].....	90
7.4.4	Efeito na área urbana dos processos de transformação da água: o caso da Tempestade.....	94

7.5 Resultados obtidos com o Questionário.....	98
7.5.1 Seção 1: Grau de dificuldades envolvendo os elementos de <i>DynaLearn</i> .....	98
7.5.1.1 Dificuldades relacionadas aos elementos de LS2.....	98
7.5.1.2 Dificuldades relacionadas aos elementos de LS3.....	102
7.5.1.3 Dificuldades relacionadas aos elementos de LS4.....	104
7.5.1.4 Dificuldades relacionadas ao <i>DynaLearn</i> físico e ao <i>Dyna web</i> .....	107
7.5.2 Seção 2: Avaliação das atividades de modelagem.....	109
7.5.2.1 Modelagem na aprendizagem.....	109
7.5.2.2 Modelagem como instrumento para a compreensão de sistemas.....	110
7.5.2.3 Modelagem como proposta para estudar conteúdos de Ciências Naturais.....	111
7.5.3 Seção 3: nível de concordância envolvendo o uso do <i>DynaLearn</i> .....	112
7.5.3.1 Concepção dos estudantes sobre as atividades de modelagem.....	113
7.5.3.2 Identificar e diferenciar os elementos da modelagem.....	115
7.5.3.3 Estrutura, funcionamento e comportamento das simulações.....	116
7.5.4 Seção 4: construção de modelos e conceitos específicos da modelagem qualitativa.....	117
7.5.4.1 Dificuldades encontradas para construir modelos em LS2 e em LS3.....	117
7.5.4.2 Entendimento dos estudantes sobre as Influências diretas.....	118
7.5.4.3 Diferenças entre Taxas e Variável de Estado.....	120
7.5.4.4 Retroalimentação.....	122
7.5.4.5 Apontamentos dos estudantes a partir da modelagem em <i>DynaLearn</i> físico e em <i>Dyna web</i> .....	125
7.5.5 Seção 5: comentários gerais não mencionados na avaliação.....	127
7.6 Etapa experimental da pesquisa.....	129
7.6.1 Resultados das análises estatísticas.....	130
7.6.2 Análise comparada dos resultados por categorias.....	132
7.7 Resultados obtidos com as entrevistas.....	134
7.7.1 Resultados das entrevistas com os estudantes da Turma A.....	135
7.7.2 Resultados das entrevistas com os estudantes da Turma B.....	143
7.8 Resultados obtidos com os Grupos de Discussão.....	149
7.8.1 Resultados dos Grupos de Discussão com a Turma A.....	150
7.8.2 Resultados dos Grupos de Discussão com a Turma B.....	159
<b>8 DISCUSSÃO .....</b>	<b>170</b>
8.1 Algumas discussões sobre a modelagem qualitativa na Educação em Ciências..	170
8.2 Triangulação dos resultados encontrados na Pesquisa: em foco, os conceitos e pressupostos da Dinâmica Qualitativa de Sistemas.....	173
8.3 Uma discussão em destaque sobre o desenvolvimento do Pensamento Sistêmico.....	175
8.4 Outras habilidades que também contribuem no desenvolvimento do Pensamento Sistêmico.....	176
8.5 <i>DynaLearn</i> versus <i>Dyna web</i> , na concepção dos usuários.....	178
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A TESE.....</b>	<b>179</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>182</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>187</b>
Apêndice A– Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	191
Apêndice B – Questionário 1 (Perfil dos estudantes).....	193
Apêndice C – Questionário 2 (Avaliação final).....	195
Apêndice D – Roteiro das Entrevistas.....	198



Apêndice E – Tópico-Guia dos Grupos de Discussão.....	199
Apêndice F – Transcrições das Entrevistas.....	200
Apêndice G – Transcrições dos Grupos de Discussão.....	225
Apêndice H – Avaliações de Pré e Pós-testes.....	239
Apêndice I – Planos de Unidades.....	259
Apêndice J – Identificação dos modelos trabalhados em cada espaço de aprendizagem de <i>DynaLearn</i> .....	263
Apêndice K – Modelos Qualitativos desenvolvidos.....	264
Apêndice L – Respostas dos estudantes na seção 4 do Questionário final.....	278
Apêndice M – Respostas dos estudantes na seção 5 do Questionário final.....	283
Apêndice N – Relatos que expressam o sentimento dos estudantes em relação a uma visão mais crítica de mundo.....	285

## 1 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.

A sala de aula é um ambiente de diálogo, mas que não se restringe somente a exposição de informações por parte do professor. Por isso é fundamental ter o apoio de materiais didáticos adequados para as complexas atividades de ensinar e aprender. O trabalho docente, em conjunto com eficientes materiais pedagógicos, pode desenvolver nos estudantes habilidade de refletir continuamente na compreensão de um mundo em mudança. Para isso, é necessário torná-los capazes de descobrir e sistematizar conhecimentos de forma crítica. Mas, também, é imprescindível que o professor (re)pense nas melhores possibilidades de problematizar e orientar os estudantes para a busca de informações.

Lemke (2010) afirma que, em muitos casos, os materiais didáticos disponíveis para a sala de aula não oferecem flexibilidade acerca dos conteúdos a serem trabalhados. Inclusive, geralmente os conteúdos já vêm prontos e estanques, sem possibilidade de docentes e estudantes terem autonomia no uso material didático. Por isso, Rojo (2013) argumenta que proposições de ensino eficazes são aquelas de aprendizagem mútua (estudante-professor) e, ao mesmo tempo, colaborativa, que oportunize autonomia para adequar às necessidades culturais e de aprendizagem do alunado.

Na literatura podemos encontrar inúmeros textos que ilustram experiências do uso de diversos materiais de ensino-aprendizagem na Educação em Ciências. Entretanto, geralmente possuem o objetivo de revisar assuntos específicos, promover a socialização e motivar os estudantes (OLIVEIRA *et. al.*, 2014; SILVA; CORDEIRO; KILL, 2015; SILVA *et. al.*, 2018; OLIVEIRA *et. al.*, 2018). Todos esses pontos são importantíssimos para o processo educacional; porém, ainda são limitados quando pensamos em estratégias pedagógicas que, de fato, promovam a autonomia e o protagonismo dos estudantes, a formação crítica, o desenvolvimento de uma visão

sistêmica de mundo, a apropriação do conhecimento e ainda ofereçam oportunidades para a tomada de decisões.

Desse modo, uma possível estratégia seria adotar ferramentas que o próprio professor, junto com os estudantes, possa elaborar os seus materiais didáticos. Estes podem ser criados a partir da construção de modelos de simulação, os quais permitam que os aprendizes possam, por meio da representação de conhecimentos, ser inseridos como protagonistas no processo de aprendizagem. Os modelos possibilitam representações abstratas dos sistemas físicos e naturais, mostrando as relações de causalidade e previsão de possíveis resultados (BREDEWEG *et. al.* 2013). E, com efeito, Jacobson e Wilensky (2006) afirmam que a modelagem pode ser utilizada no entendimento de sistemas dinâmicos complexos, assunto fundamental para a compreensão científica.

Essas características permitem que os modelos sejam, além de uma forma de representar conhecimentos, um recurso para ser utilizado como material didático adequado para compreensão de sistemas complexos (BORKULO, 2009). Entretanto, são poucos os exemplos do uso de modelos de simulação no ambiente da educação básica. Um dos fatores que contribuem para limitar o uso dessa abordagem é que simulações são quase sempre dependentes de dados numéricos e funções matemáticas complexas, geralmente inacessíveis aos estudantes desse nível educacional.

Os exemplos mais conhecidos, e que estão mais próximos do contexto em que o presente esforço de pesquisa foi desenvolvido, que inclui manter uma visão sistêmica dos fenômenos e tratar de sistemas dinâmicos, são aqueles baseados na abordagem conhecida por Dinâmica de Sistemas (*System Dynamics - SD*) (FORRESTER, 2009), que promove o chamado “Pensamento Sistêmico” (*Systems Thinking*), discutido por Caulfield e Maj (2001). Pesquisas mostram que a abordagem de fenômenos baseada na SD são recursos com potencial na Educação e que desenvolvem o pensamento sistêmico dos estudantes (LYNEIS; FOX-MELANSON, 2001; FORRESTER, 2009; LYNEIS, 2013). Nessa metodologia, os aprendizes são conduzidos a pensar em sistemas, e em contextos nos quais as relações entre componentes sejam facilmente identificadas e compreendidas. Aplicações educacionais a partir da SD vêm sendo investigadas na Educação, em países norte-americanos, por exemplo, no Estado de Massachussettes, nos EUA (LYNEIS, 2013) e também no Brasil (ORSINI; SANTOS, 2011; BASTOS, 2014).

Nessa mesma linha de raciocínio, Forrester (2009) destaca que a SD possibilita o estudante aprender por meio do ‘fazer’. O autor discute que dinâmica de sistemas é uma atividade participativa na qual se aprende pelas tentativas e também pelos erros, mas refletindo sobre o mundo com olhares mais críticos. Para isso, Forrester (2009) mostra que os estudantes devem ser conduzidos em atividades que utilizam as tecnologias, por exemplo, para construir modelos, e incentivados a refletirem sobre relações dos sistemas a partir dos fenômenos que nos cercam. Como uma experiência escolar baseada na SD, Lyneis e Fox-Melanson (2001) relatam que a metodologia baseada na SD contribui para elaboração de materiais didáticos para estudantes de todas as séries, desde alunos com seis anos de idade. De acordo com estudos realizados no âmbito de estratégias voltadas para a SD (RICHMOND, 1993; FORRESTER, 2009), estudantes podem desenvolver bem suas habilidades que levam ao pensamento sistêmico, dependendo da forma de trabalho proposta no processo educativo e o uso de boas ferramentas (RICHMOND, 1993).

No entanto, a construção de modelos baseada na SD demanda conhecimentos mais avançados de cálculos matemáticos, e, por isso, muitas vezes os educandos possuem dificuldades para visualizar os aspectos dinâmicos do funcionamento de sistemas complexos, e não dominam as bases necessárias para explorar o uso de funções matemáticas e de compreender relações quantitativas. Uma solução interessante para superar essas limitações são os modelos qualitativos de simulação, desenvolvidos por pesquisadores [por exemplo, Bredeweg e Forbus (2003)] de uma área da Inteligência Artificial (IA), conhecida por Raciocínio Qualitativo (RQ), que se dedica a descrição de propriedades contínuas do mundo, a partir de um sistema discreto de símbolos, para dar suporte ao raciocínio automatizado.

A partir de técnicas de modelagem, e com auxílio de ferramentas da IA, é possível utilizar conhecimentos qualitativos para dar respostas a questões sobre sistemas de grande complexidade, mesmo quando informações ou dados quantitativos estão ausentes ou são incompletos. A modelagem baseada em RQ tem tradição, principalmente, em áreas da computação e engenharias, enfatizando o desenvolvimento de representações que capturam fenômenos físicos e, por meio de algoritmos e de tecnologia computacional, fazem a máquina raciocinar sobre tais elementos. E a partir de estudos de pesquisadores, por exemplo, Kenneth Forbus, Bert Bredeweg, Paulo Salles, Jochem Liem, entre outros, as abordagens em RQ tem contribuído também com a Educação. Com efeito, as bases matemáticas dos elementos de modelagem em RQ e a

representação explícita das relações de causalidade possibilitam a predição e a explicação do comportamento do sistema em modelos qualitativos, favorecendo também a aplicação no campo educacional (BREDEWEG; SALLES, 2009).

Com os modelos qualitativos, é possível identificar informações centrais e periféricas, contextualizar, interpretar, inter-relacionar diferentes áreas do conhecimento, problematizar, fazer inferências, explicar mecanismos com base no funcionamento das partes do sistema, planejar, analisar soluções encontradas, e ainda prever os possíveis resultados. Essas características são algumas das habilidades descritas no Programa de Avaliação Seriada (PAS) da Universidade de Brasília (UnB)<sup>2</sup>, e também em documentos oficiais que norteiam a Educação Básica brasileira, como as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica (BRASIL, 2013) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL 2018).

Por meio dos modelos qualitativos é possível adquirir conhecimentos conceituais de forma qualitativa e, a partir disso, prever soluções e conclusões relevantes (BREDEWEG *et. al.*, 2004). Mioduser *et. al.* (2012) discutem que as pesquisas realizadas com estudantes de vários países da Europa, América do Norte e Ásia, têm mostrado que o RQ tem potencial na representação de uma dinâmica qualitativa dos sistemas, e que pode auxiliar, inclusive, no desenvolvimento científico dos estudantes.

Nesse contexto, foi desenvolvido o projeto, intitulado *Engaging and informed tools for learning conceptual system*, por esforços de pesquisadores europeus, em colaboração com outros países, inclusive o Brasil (SALLES *et. al.*, 2010). Com o referido projeto, foi desenvolvido o *software DynaLearn*<sup>3</sup>, o qual possibilita conclusões semelhantes aquelas geradas em modelos matemáticos; porém, sem o uso de dados numéricos. *DynaLearn* combina três abordagens tecnológicas: a modelagem conceitual baseada em RQ, o uso de mapeamento de ontologias definindo e classificando os conhecimentos representados nos modelos qualitativos e o uso de agentes virtuais, personagens que aparecem na tela do *software* e que interagem, de maneira lúdica, com o usuário (BREDEWEG *et. al.*, 2013).

O referido *software* é uma plataforma de modelagem que utiliza técnicas do RQ e mostra, diagramaticamente, possíveis relações causais entre os assuntos trabalhados e a previsão de resultados de simulações. O *DynaLearn* possibilita adquirir

---

<sup>2</sup> O PAS é um dos processos seletivos de ingresso na UnB. Os estudantes podem participar do PAS ao longo dos três anos do Ensino Médio regular. As avaliações são interdisciplinares e verificam o desempenho das habilidades e competências dos estudantes.

<sup>3</sup> O *Software DynaLearn* pode ser acessado em: <https://ivi.fnwi.uva.nl/tcs/ORgroup/DynaLearn/software/>

conhecimentos conceituais por meio da construção de modelos qualitativos e simulação de como os sistemas se comportam (BREDEWEG *et. al.* 2013). Atualmente está disponível também uma versão online de *DynaLearn*<sup>4</sup>, chamada *Dyna web*<sup>5</sup>. É uma versão mais atualizada de *DynaLearn*, já disponível na Língua Portuguesa, que possibilita o acesso aos modelos em computadores, celulares ou *tablets*, desde que tenha conexão a *internet*. Neste trabalho, nos apropriamos das duas plataformas de modelagem, o que possibilitou, inclusive, comparar as referidas versões, do ponto de vista dos usuários.

A modelagem em *DynaLearn* pode ser comparada à uma Dinâmica Qualitativa de Sistemas (DQS) (SALLES *et. al.* 2012b). Os modelos mostram resultados inseridos dentro de contextos reais de simulação para resolução de problemas e, dentro da perspectiva do desenvolvimento do pensamento sistêmico (FORRESTER, 2009). Diante disso, pesquisas como as descritas em Feltrini (2009), Resende (2010), Bastos (2014), Alves (2015), Cavalcante (2015) e Souza, Salles e Gauche (2017) mostram que materiais didáticos, baseado em RQ, têm potencial para favorecer o processo de ensino e aprendizagem, dando condições para que os estudantes possam desenvolver habilidades, como abstrair informações relevantes do mundo real, resolver situações problemas e agir de forma crítica em tomada de decisões. Entretanto, um dos problemas que enfrentamos é a pouca quantidade de estudos voltados para o ensino de Ciências e Química para a efetiva utilização de modelos qualitativos em sala de aula (SOUZA; SALLES; GAUCHE, 2016). E de fato, conforme Borkulo (2009) argumenta, é necessário ampliar as pesquisas que investigam o aprendizado por meio da modelagem, especialmente no Ensino Médio.

Assim, a proposição desta pesquisa é elaborar e utilizar materiais didáticos, notadamente representados por modelos qualitativos, capazes de elevar o nível de entendimento dos fenômenos complexos nos temas escolares relacionados às Ciências Naturais trabalhados no Ensino Médio. Em relação aos conteúdos específicos trabalhados nos modelos, buscamos centrar as atividades, principalmente, em assuntos relacionados ao tema da Água. É um assunto de natureza interdisciplinar (ANACLETO; BILOTTA, 2015), e que possibilita ser discutido nas diferentes áreas do conhecimento. Os materiais e modelos elaborados abrangem, tanto os aspectos mais simples em relação a água, como transição de estados físicos, até aqueles mais complexos,

---

<sup>4</sup> A versão web do Software *DynaLearn* pode ser acessado em: [www.DynaLearn.eu](http://www.DynaLearn.eu)

<sup>5</sup> Neste texto, utilizaremos o termo *Dyna web* para nos referir a versão web de *DynaLearn*.

envolvendo os processos de transformação da água com trocas de energia, e os efeitos desses processos nas áreas urbanas e rurais. Isso foi possível, uma vez que os materiais didáticos permitem aperfeiçoamentos progressivos nos modelos, na medida em que novas informações e conhecimentos sejam obtidos e representados.

Nossa intenção foi garantir que os estudantes tivessem participações ativas na representação de sistemas dinâmicos por meio da construção de modelos. Para tanto, optamos pela abordagem “Aprender Modelando” (*Learning by Modelling – LbM*) (BORKULO, 2009; MIODUSER *et. al.*, 2012) como estratégia para ser usada na representação de sistemas dinâmicos no contexto da Educação Básica e protagonizar as ações dos estudantes.

Entretanto, conforme mostra Forrester (2009), uma das dificuldades no processo educacional se refere à própria ação em que os assuntos escolares são trabalhados, geralmente de forma unilateral. Richmond (1993) mostra que realmente não é trivial pensar em termos de interdependência dinâmica em sistemas. Richmond (1993) sugere uma proposta educacional em que os estudantes possam desenvolver uma visão mais ampla e crítica dos fenômenos. Essa proposta deve se embasada em três pilares principais: o aprendizado centrado nos estudantes; que tenha o uso de boas ferramentas no processo de ensino e aprendizagem; e, ainda, propostas fundamentadas no paradigma do pensamento sistêmico. Na seção 2.2 do Capítulo 2, esses aspectos serão discutidos.

A partir dos três pilares da proposta educacional discutida por Richmond (1993), propusemos um projeto de modelagem que segue tais parâmetros. Em relação às ações serem voltadas para os estudantes, desenvolvemos a intervenção na abordagem LbM (BORKULO, 2009), em que se destaca pelo protagonismo estudantil; no que se refere ao uso de ferramentas, tivemos como base os resultados de diversas pesquisas (por exemplo, MIODUSER *et. al.*, 2012) que sustenta o *DynaLearn* como ferramenta poderosa na representação de sistemas dinâmicos; em relação ao Paradigma do Pensamento, tivemos como base os conceitos da DQS (SALLES *et. al.*, 2012b).

### **1.1 Delineando a tese desta pesquisa**

As habilidades do pensamento sistêmico possibilitam que os estudantes desenvolvam uma visão mais ampla de mundo, o que implica em reconhecer como as relações entre as partes de um sistema são capazes de realizar funções específicas dentro de um sistema. Para Richmond (1993), Caulfield e Maj (2001), Forrester (2009), entre outros, a SD é uma das maneiras para desenvolver o Pensamento Sistêmico.

Porém, a partir das bases necessárias para uma DQS (apresentadas em SALLES *et. al.*, 2012b), Bastos (2014) mostrou indicativos de que essa metodologia era capaz de mostrar, de forma qualitativa, os principais aspectos da SD e também tinha potencial para desenvolver o pensamento sistêmico. Diante disso, esta pesquisa buscou verificar se, de fato, a DQS contribui, no Ensino de Ciências, para superar a visão unilateral dos estudantes no que se refere em enxergar os fenômenos do mundo a partir de uma visão sistêmica, associadas ao pensamento sistêmico.

Como estratégias para verificar a contribuição da DQS para desenvolver o pensamento sistêmico, buscamos suporte em outras pesquisas, como em Mioduser *et. al.* (2012), em que foi investigado a abordagem LbM a partir do *DynaLearn*. Mioduser *et. al.* (2012) demonstram que essa integração facilita a construção de conceitos, proporciona autonomia e motiva os estudantes. Dessa forma, nos apropriamos da abordagem LbM, do software *DynaLearn* e dos conceitos associados a DQS para propor e executar um projeto de pesquisa que sustente a tese:

*A construção e manipulação de modelos qualitativos de simulação, por parte de estudantes, no âmbito de sala de aula, em abordagem Learning by Modelling (LbM), elaborados sob a ótica da Dinâmica Qualitativa de Sistemas, por favorecer o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento sistêmico, contribui para a melhoria do processo ensino-aprendizagem em Ciências.*

A literatura nos mostra (por exemplo, em BASTOS, 2014) que o alcance dos objetivos educacionais relacionados ao pensamento sistêmico e ao raciocínio científico é condicionado por alguns requisitos, como: os modelos qualitativos iniciais devem ser relativamente simples, uma vez que precisam permitir a generalização e aplicabilidade frente à diversidade de situações familiares aos usuários; devem ser de fácil manipulação, de modo que possam ser explorados na sua totalidade; motivadores, para que possam prender a atenção dos usuários; desafiadores e capazes de estimular a criatividade.

Assim fizemos, utilizando as plataformas de modelagem oferecidas por *DynaLearn*, na versão física, e na web. As atividades foram desenvolvidas por meio de progressões crescentes de complexidade nos modelos, daqueles mais simples, em LS1 (mapas conceituais, representam as relações entre conceitos em uma estrutura



hierárquica), até o LS4, nível em que processos e mecanismos de retroalimentação em um sistema dinâmico são representados.

## 1.2 Objetivos

Os objetivos gerais de pesquisa aqui apresentada são: (a) elaborar e utilizar modelos qualitativos como estratégia para a construção de materiais didáticos para o Ensino de Ciências e Química; (b) demonstrar como a exploração de modelos contribui para que os estudantes compreendam a estrutura e o funcionamento de sistemas complexos; (c) desenvolver o pensamento sistêmico nos estudantes, por meio de técnicas de modelagem baseadas na DQS;

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- ✓ Produzir materiais didáticos que levem os estudantes a construir, adaptar e ampliar modelos qualitativos de simulação com temas relacionados ao Ensino de Química e Ciências;
- ✓ Inserir os estudantes na construção de modelos por meio da abordagem conhecida como *Learning by Modelling*;
- ✓ Verificar os efeitos da modelagem qualitativa sobre a compreensão da estrutura e do funcionamento da dinâmica de sistemas em turmas da 1.<sup>a</sup> série do Ensino Médio por meio de testes estatísticos;
- ✓ Contribuir para que os estudantes se apropriem das plataformas de modelagem *DynaLearn* físico e o *DynaLearn* na versão *web* (*Dyna web*) para a construção de modelos qualitativos;
- ✓ Comparar o *DynaLearn* físico e o *Dyna web*, na visão dos usuários;
- ✓ Reunir as concepções dos estudantes sobre diversos aspectos da construção e do uso dos modelos qualitativos no processo de ensino e aprendizagem por meio de entrevistas, questionários e grupos de discussão;

## 1.3 Forma e estrutura da Tese

Esta tese está organizada em nove capítulos. No primeiro, tem-se uma introdução situando a SD e o RQ como elementos fundamentais para a construção da Tese defendida no presente trabalho de pesquisa. O capítulo 2 discute uma das bases teóricas adotadas na pesquisa, a SD, e a caracterização do pensamento sistêmico.

No terceiro capítulo, é apresentada a revisão de literatura sobre o RQ como base para o desenvolvimento de estratégias didáticas na Educação. São apontadas algumas considerações acerca de limitações ao uso de modelos matemáticos, mostrando os modelos qualitativos como ferramentas poderosas para o Ensino de Ciências.

No capítulo subsequente é mostrada a fundamentação teórica escolhida para a construção de modelos: Teoria Qualitativa dos Processos (TQP). São apresentados os conceitos que constituem a base ontológica da TQP, os quais que permitem representar e descrever objetos, situações, relações de causalidade, premissas e mecanismos de mudanças.

No quinto capítulo, apresentamos as bancadas de modelagem adotadas para implementar a TQP e as principais ferramentas de simulação qualitativa de aplicações dos modelos baseados em RQ. Descrevemos um modelo de simulação nos diferentes níveis de aprendizagem de *DynaLearn*. Ao final do capítulo, apresenta-se a diferença entre as duas versões de *DynaLearn*, física e web.

No capítulo seguinte, é descrito o percurso metodológico da pesquisa. A diferença entre a pesquisa qualitativa e quantitativa na Educação foi situada no início do capítulo. Em seguida apresenta-se a Pesquisa Participante, e é justificada tal escolha como caminho metodológico. Além disso, são identificados e justificados os instrumentos utilizados para coleta de dados da investigação.

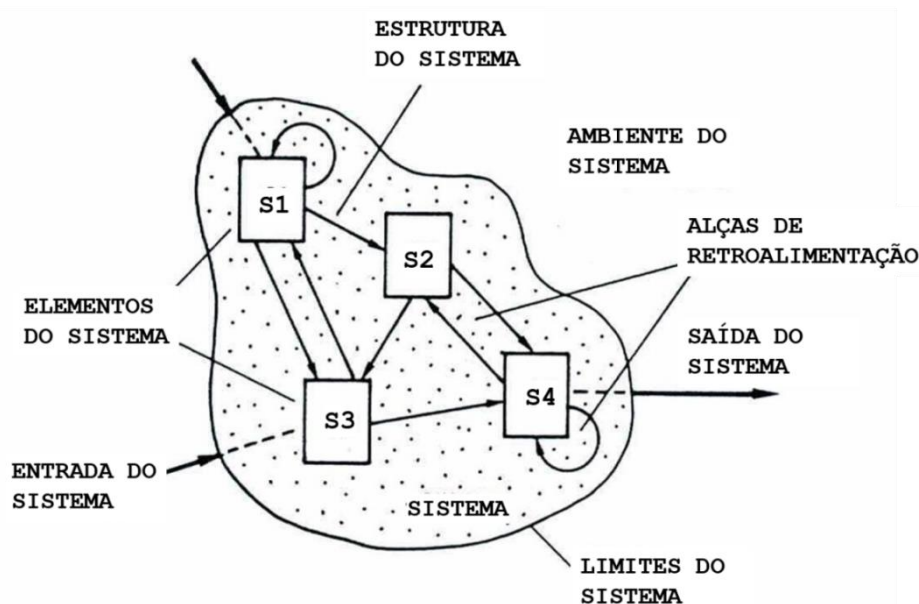
No capítulo 7, são mapeados alguns dos materiais didáticos produzidos e utilizados durante a pesquisa. São apresentados os resultados, a partir da descrição e análise dos dados coletados a partir das atividades de intervenção. No capítulo 8, é apresentada a discussão dos resultados obtidos, articulando com as principais experiências de modelagem sintetizadas em outras pesquisas.

No capítulo 9, são mostradas as considerações finais sobre o trabalho realizado, incluindo os principais resultados alcançados, e ressaltando a tese aqui proposta. Apontam-se as prospecções para futuros trabalhos que enveredam na articulação do RQ e a SD para a Educação em Ciências.

Este texto consta, ainda, de Apêndices, nos quais são apresentados o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); os Questionários; os roteiros das entrevistas e dos GDs, com as respectivas transcrições; as atividades de Pré e Pós-testes; os planos de unidades, identificando as atividades desenvolvidas na intervenção; e os modelos utilizados.

## 2 UMA REVISÃO DA DINÂMICA DE SISTEMAS

**Figura 2.1.** Conceitos básicos de um sistema e de seu ambiente.



Fonte: Bossel (1986), tradução feita por Paulo Salles.

De acordo com Bossel (1986), um sistema é definido como uma unidade de um ou mais objetos estruturalmente conectados, cujos estados estão inter-relacionados. A Figura 2.1 acima mostra esquematicamente os componentes de um sistema. Inicialmente é importante ressaltar que o sistema é uma unidade limitada, contida em algum ambiente. Esses limites podem ser naturais (por exemplo, um lago), ou definidos arbitrariamente (por exemplo, o sistema escolar). A função do sistema é transformar alguma ‘substância’ que tem entrada neste sistema, por meio dos objetos [elementos ligados estruturalmente (S1 – S4)], e que é, ao final, lançada para o ambiente externo do sistema. As relações entre os objetos podem ser de vários tipos, mas a figura destaca as alças de retroalimentação, que são importantes fatores determinantes do comportamento do sistema, e que serão discutidas na seção 2.5.

A noção de sistemas passou a fazer parte da maneira como analisamos diversos fenômenos, em diferentes áreas do conhecimento, e influenciou boa parte do vocabulário científico em diversas áreas da ciência, sendo utilizado em definições, por exemplo, do sistema digestório, do sistema fotossintetizador, dos ecossistemas, entre outros, nos quais se busca compreender o sistema como um todo, e o funcionamento dos sistemas complexos como resultado das interações entre todos os elementos do

conjunto (BOSSSEL, 1986). Apresentaremos neste capítulo um breve histórico do estudo de Sistemas Dinâmicos na Educação, apontando propostas educacionais, assim como os pressupostos e conceitos desta área de estudo.

### 2.1 Dinâmica de Sistemas na Educação

A SD é uma abordagem que busca entender o comportamento de sistemas complexos ao longo de um período determinado de tempo. É um conjunto de técnicas de simulação numérica que possibilita sintetizar, entender e discutir problemas complexos. A abordagem mais comum adotada nos primeiros anos de estudos em SD foram as equações diferenciais. Atualmente, estas eventualmente aparecem associadas com outras modernas abordagens e métodos quantitativos.

Os primeiros apontamentos relacionados à dinâmica de sistemas iniciaram em meados da década de 1950, pelo professor Forrester, do Instituto Tecnológico de Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology* - MIT), com o propósito, inicialmente, de auxiliar gerentes corporativos na compreensão de processos industriais (FORRESTER, 1958).

Forrester e um grupo de estudantes do MIT, já ao final da década de 1950 e início de 1960, avançaram no campo da dinâmica de sistemas, deixando de ter apenas simulações manuais, para a implementação de modelagem computacional (FORRESTER, 1989). Nesse avanço da SD, Forrester (1989) apresenta que um dos seus estudantes, Richard Bennett, em 1958, colaborou com o projeto no desenvolvimento da primeira linguagem de modelagem computacional da SD, conhecida como SIMPLE (em inglês, *Simulation of Industrial Management Problems with Lots of Equations*).

Forrester (1989), ainda explicita que em 1959, outros estudantes, Phyllis Fox e Alexander Pugh, contribuíram no aprimoramento do SIMPLE, gerando a primeira versão do DYNAMO (*Dynamic Models*). Em 1961, foi publicado o primeiro livro na linguagem computacional da SD: Dinâmica Industrial (*Industrial Dynamics*) (FORRESTER, 1961).

No período compreendido entre a década de 50 e a segunda metade da década de 1960, a SD foi aplicada basicamente em problemas de gerenciamento de projetos voltados para empresas. Em 1968, Forrester contou com a colaboração do professor visitante, John Collins, na área de Assuntos Urbanos no MIT, e em 1969 foi produzido o livro chamado Dinâmica Urbana (*Urban Dynamics*) (FORRESTER, 1969). O modelo

gerado no referido livro foi a primeira grande contribuição da SD fora das áreas empresariais (FORRESTER, 1989).

Nos anos 70, foi publicado o segundo grande destaque de aplicação da SD em área não-corporativa, intitulado Dinâmica Mundial (*World Dynamics*). Esse livro, por exemplo, surge de uma problemática relacionada ao crescimento da população mundial, a geração de poluentes e a exploração de recursos renováveis e não renováveis (FORRESTER, 1971). Forrester (1971) apresenta, no livro, o modelo para o sistema socioeconômico mundial (*World 1 model*, na primeira versão; e *World 2 model*, em uma segunda versão).

As tendências da SD, desde a década de 1980, tem avançado no sentido de representar o mundo real a partir de modelos mentais em diferentes áreas. Por exemplo, Stave (2003) criou a representação de um sistema dinâmico que mostra a demanda de água em uma cidade estadunidense. Esse modelo foi importante para informar a população sobre os diferentes cenários envolvendo políticas hídricas. Como explica Koutiva e Makropoulos (2011), a SD fornece condições para melhorar a compreensão de sistemas; isso corrobora para a tomada de decisão em cenários complexos, dinâmicos, em que acontecem mudanças ao longo do tempo.

Forrester (1989) discute que a exposição ao pensamento dinâmico deve iniciar cedo, ainda nas escolas para crianças. Com os esforços de Richmond (1993), Lyneis (1994), Lyneis e Fox-Melanson (2001), Forrester (2009), Lyneis (2013), entre outros, a dinâmica de sistemas vem sendo incorporada nas escolas de Educação Básica (*Elementary school* - Ensino Fundamental, *High school* - Ensino Médio) e também na Educação Superior (*College*) de países norte americanos. E, além desses, vem acontecendo no Brasil, de forma crescente, ações de trabalho para investigar a Dinâmica de Sistemas na Educação (por exemplo, Orsini e Santos, 2011; Bastos, 2014).

Orsini e Santos (2011) apresentam uma proposta de educação ambiental baseada na Dinâmica de Sistemas. Os autores desenvolveram um material instrucional, com temas ecológicos e sociais envolvendo a Educação Ambiental, baseado na SD, utilizando a plataforma *Software Structural Thinking Experimental Laboratory with Animation* (STELLA).

E mais recente Bastos (2014) produziu uma proposta de disciplina sobre a SD no curso de Ciências Biológicas na modalidade à distância (BASTOS, 2014). Os resultados foram coletados a partir da aplicação da proposta no curso de Ciências Biológicas da Universidade Aberta do Brasil (UAB/UnB). A autora considera fundamental a inclusão

de uma disciplina no curso superior abordando a SD, posto que os resultados indicaram ser uma abordagem que tem potencial para contribuir com o desenvolvimento do pensamento sistêmico e da criatividade dos futuros professores.

Assim, com esta tese, ampliamos as discussões da SD no contexto brasileiro, sustentados em resultados analíticos de avaliações, entrevistas, reflexões e a própria experiência do pesquisador a partir do desenvolvimento de um projeto de intervenção na Escola de Educação Básica no Ensino de Química, apropriando do *DynaLearn*, com estudantes da 1.<sup>a</sup> série do Ensino Médio.

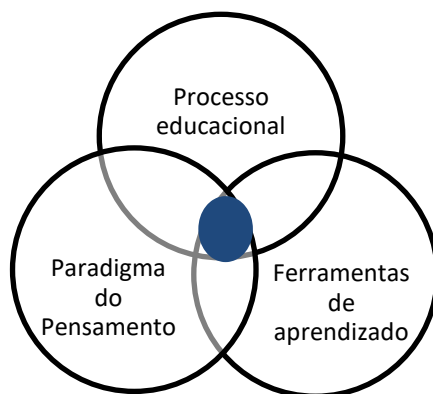
## **2.2 Proposta Educacional da Dinâmica de Sistemas**

A SD possibilita esquematizar, sistematizar, entender e discutir problemas relacionados a fenômenos complexos. Esta metodologia lida com ciclos de retroalimentação interna que afetam o comportamento do sistema como um todo. A base da SD é o reconhecimento de que a estrutura de qualquer sistema é tão fundamental na determinação de seu comportamento quanto os próprios componentes individuais. E é nessa linha de raciocínio que reconhecemos a importante contribuição que a SD tem na Educação: ampliar a visão dos estudantes sobre o comportamento de sistemas e dar suporte para analisar fenômenos complexos a partir da interação estrutura – função.

Richmond (1993) comenta que o processo educacional é aprimorado ao longo do tempo. De fato, surgem reflexões e resultados de pesquisadores na área de educação, por exemplo, com propostas interdisciplinares (SOUZA; AMAURO; FERNANDES-SOBRINHO, 2018), experimentos inovadores, e atualmente numa tendência mais investigativa (COSTA; SANCHEZ, 2016), novos recursos tecnológicos (GUIMARÃES; SOUZA; NUNES, 2019), aulas que extrapolam as paredes da escola (PACHECO, 2014), entre outras iniciativas que, realmente, promovem ações escolares mais motivadoras, e indicam possibilitar a formação mais ampla do alunado.

Nesse contexto, Richmond (1993) mostra que, independente da iniciativa educacional, é importante que a proposição seja sustentada em três pilares, como mostra a Figura 2.2.

**Figura 2.2.** Três pilares para a Educação.



Fonte: Richmond (1993, p. 115 – tradução nossa).

Richmond (1993) destaca que a intersecção dos pilares 'Processo educacional', 'Paradigma do pensamento' e 'Ferramentas de aprendizado' reúne pontos determinantes para o sucesso de uma mudança permanente na maneira de como as pessoas pensam e aprendem.

O primeiro ponto destacado por Richmond (1993) se refere ao processo educacional. O autor pontua que deve haver uma inversão do que vem acontecendo na escola, especialmente em sala de aula, há pelo menos 200 anos. O formato das aulas, segundo Richmond (1993), é estruturado na forma de ensino transmissivo de informações. Inclusive, pesquisas mostram que, ainda em dias atuais, muitas escolas, em diferentes países, persistem nessa prática transmissiva (SEDOVA; SEDLACEK; SVARICEK, 2016; NICOLAU; GONZÁLEZ-MONTEAGUDO, 2019; RAMOS; SALES; MARTINS, 2019). Neste tipo de ensino, os estudantes ficam em silêncio e apenas o professor se expressa. É uma educação sem o protagonismo dos estudantes. Ocorre que o professor expõe informações e o estudante reproduz o que foi expresso pelo professor. A verificação do desempenho neste tipo de aprendizado é direta: solicitar ao aluno para retransmitir o que foi falado pelo professor (RICHMOND, 1993).

É interessante notar que neste processo de aprendizado os estudantes não têm muito a contribuir para a sua própria aprendizagem e com os outros colegas. E de fato isso que acontece nas escolas, pois, "caso contrário, eles [os estudantes] não estariam dispostos em um arranjo físico no qual a direção do olhar é a parte de trás da cabeça do outro [colega]" (RICHMOND, 1993, p. 115, tradução nossa). Isso mostra que o aprendizado do estudante (bem como a forma que ele apreende) muitas vezes não é o

centro das ações didáticas; e sim um ensino único e engessado proposto pelo professor, gerando um processo educacional que não é focado no aprendizado dos estudantes.

Richmond (1993) mostra nesse primeiro pilar que o processo educacional deve ser voltado a uma abordagem em que os estudantes sejam protagonistas do aprendizado. Para isso, devem existir propostas didáticas em que eles sejam inseridos em momentos de construção, ao invés de memorização. Logo, o autor explica que para aprender o estudante deve reconstruir, ou seja, fazer processos, e não absorver processos.

No segundo pilar, Richmond (1993) propõe um paradigma de pensamento sistêmico. De acordo com o autor, é necessária uma reconstrução profunda na forma de pensar, por exemplo: deixar de ter uma visão de causalidade unidirecional para uma visão circular; e ao invés de analisar as relações de forma independentes, analisar de formas interdependentes. É uma mudança de como enxergar o mundo, deixando de ver um conjunto de relações estáticas de resposta a estímulos para ampliar a visão de um mundo com processos dinâmicos, contínuos e interdependentes. Isso fará com que os estudantes pensem sistemicamente sobre o que está acontecendo no mundo ao seu redor.

Numa visão de pensamento sistêmico, os estudantes são capazes de analisar como os *loops* podem controlar um sistema, seja reforçando ou balanceando os efeitos. No pensamento sistêmico, resolver um problema não é visto apenas de uma visão unilateral. É necessário pensar em termos de relações contínuas e interdependentes, variando com o tempo, e em alguns casos, como resposta a efeitos implementados no sistema. Além disso, no paradigma do pensamento sistêmico, os estudantes são motivados a fazer explicações sobre os processos envolvidos. Por exemplo, no caso de uma superpopulação: não é suficiente identificar os fatores correlacionados a superpopulação; estudantes que estão imersos no paradigma do pensamento sistêmico, oferecem explicações de como a superpopulação é gerada (RICHMOND, 1993).

Por fim, o terceiro pilar proposto por Richmond (1993), ferramentas de aprendizado, faz a intersecção com o processo educacional voltado para o aluno e o paradigma de pensamento sistêmico.

As ferramentas de um processo de aprendizado desempenham um papel fundamental na aprendizagem, por isso devem ser muito bem escolhidos pelos professores. Por exemplo, os livros didáticos funcionam, na verdade, como "palestras silenciosas" (RICHAMOND, 1993, p. 119, tradução nossa). Muitas vezes os estudantes fazem as leituras, memorizam, mas sem compreender os fenômenos. Outro exemplo são



os quadros-negros, os quais podem ser importantes aliados do professor para mapear ou exibir relações estáticas. No entanto, não são adequados para a análise de um sistema dinâmico.

Richmond (1993) afirma que os livros didáticos e quadros-negros são aliados do professor, mas não são suficientes para garantir uma formação mais ampla e sólida aos estudantes. Assim, surge uma ferramenta fundamental na educação: o computador. Com seus recursos de animação sonora e gráfica em rápida expansão, os computadores fazem parte de um meio que os estudantes podem ter a experiência de interagir com fenômenos e visualizar como as coisas acontecem.

A profundidade da compreensão dos conceitos pode aumentar, por meio dos computadores, e, por conseguinte, a capacidade dos estudantes para o pensamento crítico é aprimorada. Richmond (1993) mostra que a partir de sua experiência com computadores, os estudantes começaram a pensar em implicações de longo prazo de suas decisões e ações.

Richmond (1993) observa que os três pilares juntos, inter-relacionados, proporcionam um ambiente educacional profícuo para estudantes pensarem sistemicamente, compreendendo a estrutura e o funcionamento de sistemas complexos.

### **2.3 Pressupostos da Dinâmica de Sistemas**

Caulfield e Maj (2001) mostram que a metodologia da SD possibilita desenvolver o pensamento sistêmico, técnica de análise científica que identifica como as relações entre as partes de um sistema formam o todo, oferecendo base para a compreensão do comportamento de sistemas complexos. Ou seja, é o tipo de pensamento que identifica os sistemas no mundo, e percebe como as partes que formam conjuntos organizados no sistema são capazes de realizar funções específicas.

Richmond (1993) apresenta o pensamento sistêmico em sete faixas de habilidades, o qual o autor também chama de "Habilidades de Pensamento Crítico" (RICHMOND, 1993, p. 122): a) *Pensamento dinâmico*: é a capacidade de deduzir padrões de comportamento. Para isso é preciso pensar nos fenômenos como resultados de processos circulares e contínuos que acontecem ao longo do tempo. Para desenvolver essa habilidade, os estudantes devem pensar em diversos processos do dia-a-dia em termos gráficos, relacionando sempre com o tempo. Outra estratégia para desenvolver essa habilidade é relacionada ao uso de modelos simples, em que os estudantes podem

ser solicitados a identificar resultados de padrões de comportamento quando um determinado sistema for perturbado.

b) *Pensamento em loops fechados*: é a habilidade de pensar em ciclos fechados. Isso significa: enxergar o mundo como um conjunto de processos contínuos e interdependentes, com relações de causa e efeito circulares, com a atuação dos mecanismos de retroalimentação nos sistemas.

c) *Pensamento genérico*: é a habilidade de compreender os mecanismos de retroalimentação como princípio básico inerente a comportamentos específicos em diferentes fenômenos. Para desenvolver esse tipo de pensamento, os estudantes devem ser inseridos em situações em que eles trabalhem com estruturas genéricas e que, progressivamente, compreendam comportamentos mais complexos.

d) *Pensamento estrutural*: uma das faixas mais rigorosas dos sistemas. É aqui que os estudantes devem pensar em termos de unidades de medidas. Essa habilidade do pensamento sistêmico consiste em buscar a coerência entre as unidades de medida usadas para representar diferentes variáveis de um sistema. Assim como às leis de conservação física devem ser rigorosamente cumpridas. Nessa habilidade do pensamento sistêmico, é exigida a diferença entre fluxo (taxas) e estoques (variáveis de estado);

e) *Pensamento operacional*: O pensamento operacional significa pensar em termos de como as coisas realmente funcionam. Para isso, é preciso perceber como os estudantes analisam os processos do mundo real. Nessa habilidade, os estudantes podem esquematizar e descrever as observações resultantes de como funciona o sistema.

f) *Pensamento contínuo*: O pensamento contínuo é alimentado por abordagens que utilizam processos contínuos. Por exemplo, o consumo de água seria continuamente afetado na medida em que água disponível estivesse se esgotando. Ou seja, medidas como racionamento e aumento dos preços da água entrariam em ação para controlar o sistema e não deixar que a água chegue à zero. O pensamento contínuo é a habilidade de encontrar soluções intermediárias entre duas extremidades que parecem ser diferentes. Seria encontrar "tons de cinza entre extremos de branco e preto".

g) *Pensamento científico*: esta é a habilidade de teste de hipóteses. Nessa habilidade é possível desenvolver a capacidade de quantificar as variáveis de um sistema, mesmo sem fazer medições. Por exemplo, é possível estabelecer uma escala, mas sem especificar exatamente (com o rigor quantitativo) quais desses valores estão no sistema real.

Como vimos, algumas escolas estadunidenses utilizam a SD para desenvolver o pensamento sistêmico há alguns anos (FORRESTER, 2009). E de fato, Caulfield e Maj (2001) pontuam que a melhor abordagem para desenvolver o pensamento sistêmico é a Dinâmica de Sistemas, “atividade relacionada à construção de modelos computacionais de simulação sobre problemas complexos, e então experimentar e estudar o comportamento desses modelos ao longo do tempo” (CAULFIELD; MAJ, 2001, p. 2793).

Segundo Forrester (2009), ainda nas séries iniciais, no contexto estadunidense, já são introduzidos conceitos bases da SD, por exemplo: estoques, fluxos e os mecanismos de retroalimentação, essenciais para compreender como funcionam os controles em um sistema dinâmico. É possível verificar, por meio desses conceitos, se os estudantes compreendem os comportamentos de sistemas não lineares (FORRESTER, 2009).

No entanto, o uso de metodologias quantitativas, tais como geralmente ocorre nos estudos fundamentados na SD, é limitado especialmente por dois fatores: 1- carência de dados numéricos completos e de boa qualidade; e, 2- dificuldade dos estudantes para lidarem com equações matemáticas, por exemplo, diferenciais ordinárias. A modelagem qualitativa abre uma possibilidade para se construir a Dinâmica Qualitativa dos Sistemas [DQS] (SALLES *et. al.* 2012b).

Para representar a dinâmica de sistemas de forma qualitativa, podemos expressar as equações diferenciais ordinárias qualitativamente. Em um sistema dinâmico, primeiro calcula-se a quantidade de variação (derivada) em certo período de tempo, e depois esse valor é adicionado ou retirado do valor que a quantidade tinha no início do período de tempo considerado. A noção de influências diretas (I+ e I-), assim como as proporcionalidades qualitativas (P+ P-), que também possuem significados matemáticos e expressam relação de causalidade, serão detalhadas na seção 4.3, do capítulo 4, desta tese, sobre a TQP.

Bredeweg e Forbus (2003) discutem a modelagem qualitativa no processo educacional para a representação de sistemas dinâmicos. E nesse sentido, apropriamos neste trabalho da abordagem LbM como estratégia para trabalhar a SD no contexto da Educação Básica, a qual será apresentada na seção abaixo.

#### ***2.4 Learning by Modelling***

A abordagem LbM vem sendo discutida e apresentada como possibilidade potencial na Educação (por exemplo, BORKULO, 2009; POPPE *et. al.*, 2010; SOUZA

*et. al.*, 2011; SALLES, *et. al.*, 2012a; SALLES, *et. al.*, 2012b). Nessa abordagem os estudantes aprendem conceitos e ampliam a forma de enxergar o mundo a partir da construção e simulação de modelos.

Borkulo (2009) desenvolveu seu trabalho com estudantes holandeses de Ensino Médio, avaliando a aprendizagem por meio da modelagem. A autora ressalta que a LbM conduz ao aprendizado e que a construção do conhecimento é apoiada pela criação ou adaptação de um modelo. Isto é, os estudantes podem iniciar um modelo do zero, mas também podem ter como base uma estrutura (por exemplo, com objetos e quantidades) para que o modelo seja desenvolvido, ou adaptado - isso também é aprender modelando.

Borkulo (2009) discute que a abordagem é uma forma de dar autonomia aos estudantes. Por outro lado, é importante ressaltar as dificuldades de construção de modelos, posto que exige habilidades, inclusive do professor em conduzir aulas dessa natureza. Borkulo (2009) mostra que a elaboração de modelos não fornece um único procedimento. Na modelagem, pode haver várias respostas e formas de chegar a uma solução. E essas múltiplas possibilidades introduz incertezas e dificuldades, porque, em geral, os estudantes querem conhecer a "resposta correta" ou algum tipo de regra para obter a resposta (BORKULO, 2009). E, também, seria mais confortável para o Professor estabelecer um único tipo de resposta como correta. Por isso, em uma abordagem de protagonismo dos estudantes - em nosso caso, pelo LbM - o professor precisa estar muito bem preparado para analisar as diversas possibilidades representadas em um modelo e convencido de que o processo de construção do saber é contínuo, e não estanque.

Poppe *et. al.* (2010) discute que as disciplinas inerentes às Ciências Naturais, geralmente não são aquelas que os estudantes do Ensino Médio possuem mais proximidade/facilidade. As razões para isso incluem a complexidade dos assuntos de Ciências Naturais, especialmente pela falta de ferramentas mais envolventes, as quais permitem aos estudantes adquirir o conhecimento de uma maneira que se propõe a investigar a natureza dos fenômenos. Nesse sentido, a abordagem LbM tem potencial para favorecer o Ensino de Ciências.

Poppe *et. al.* (2010) mostra também que o aprendizado por meio da modelagem pode ser utilizado para apoiar as atividades de estudantes, tanto da Educação Básica, quanto do Ensino Superior. A abordagem colabora sobremaneira para que os estudantes tenham formação conceitual/construção do conhecimento a partir de sistemas dinâmicos. Além disso, é possível também desenvolver habilidades sociais e

interdisciplinares, como o trabalho cooperativo, a resolução de problemas e tomada de decisão.

Poppe *et. al.* (2010), por fim, ainda apontam que o ensino de Ciências a partir da modelagem possibilita aumentar a compreensão de conceitos científicos e a aplicação de conhecimento científico para a vida cotidiana dos estudantes. O conhecimento conceitual do comportamento dos sistemas é fundamental para que as pessoas entendam e possam interagir com sucesso nas diversas situações que enfrentam no mundo.

Souza *et. al.* (2011) mostram que a abordagem LbM indica a ideia de que os estudantes assumem uma atitude ativa na aprendizagem. Isso acontece porque na referida abordagem existe a interação protagonista entre o estudante e o ambiente de modelagem, ampliando e aplicando os conhecimentos adquiridos na escola (SOUZA *et. al.*, 2011). De fato, Bredeweg e Forbus (2003) mostram que as técnicas do RQ proporcionam ferramentas para a aquisição do conhecimento, permitindo adquirir e articular ideias para a representação formal de determinado campo do saber, possibilitando o aprendizado por meio da modelagem.

Na abordagem LbM constantemente surgem dúvidas, problemas conceituais nos modelos, da mesma forma que os erros ao manipular as plataformas de modelagem. Salles e Bredeweg (2006b) mostram que as dificuldades e erros são importantes aliados na aprendizagem dos estudantes. De fato, a construção de um modelo exige familiaridade com a plataforma de modelagem e conhecimentos específicos (de modelagem e do fenômeno que se pretende representar).

Conforme Bokulo (2009), a modelagem não é trivial para estudantes da Educação Básica, e mesmo para aqueles da Educação Superior. Então, o Professor não deixa de ter a sua importante função na condução da dinâmica da aula. Borkulo (2009) também ressalta que, apesar das aparentes dificuldades que a modelagem apresenta, os estudantes são capazes de superar os problemas, quando tem um professor com preparação e formação adequada para desenvolver tais trabalhos. E, pelo LbM, os estudantes adquirem habilidades de raciocínio científico e obtêm informações sobre o comportamento de sistemas dinâmicos complexos, dificilmente desenvolvidos em outras metodologias de ensino.

Salles *et. al.* (2012a) apresentam um conjunto de ferramentas, conhecidas como 'Padrões de modelo'. Estes padrões são representações genéricas de partes de modelos, e assim, combinadas, podem ser utilizados para criar modelos e reproduzir o comportamento de sistemas diversos (SALLES *et. al.*, 2012a). Essas ferramentas

tendem a facilitar as atividades de modelagem, na abordagem LbM, e podem ser utilizados para apoiar os estudantes na construção de seus próprios modelos, e professores, na preparação dos seus materiais.

Salles *et. al.* (2012a) fizeram um exaustivo estudo analisando uma amostra de 94 modelos produzidos no Projeto *DynaLearn*. Desses, identificaram 385 ocorrências de estruturas de modelos (os padrões) que se repetem na construção de diferentes modelos. Os padrões foram enquadrados em seis categorias, as quais podem ser utilizadas para representar a maioria de processos naturais, inclusive aqueles mais complexos, por exemplo, que geram oscilações e ciclos. Os autores sugerem que esses padrões constituam parte de um currículo e de ações didáticas em cursos de modelagem, nos quais os estudantes dominariam os padrões mais simples e evoluiriam para padrões mais complexos na medida em que se tornassem mais experientes.

## **2.5 Conceitos da Dinâmica Qualitativa de Sistemas**

Salles *et. al.* (2012b) apresenta um conjunto de conceitos relacionados à DQS para direcionar as atividades de modelagem, e que são passíveis de serem utilizados na educação. São diretrizes que modeladores podem utilizar na representação de sistemas envolvendo processos, taxas, variáveis de estado, influências diretas, proporcionalidades qualitativas e mecanismos de retroalimentação. Bastos (2014) investigou a SD no contexto da formação de Professores na modalidade de Educação à Distância (EaD). A autora já indicava que a DQS tinha potencial para contribuir com a visão mais crítica dos estudantes, uma vez que oferece condições para desenvolver habilidades relacionadas ao Pensamento Sistêmico, proposta por Richomnd (1993).

Na DQS, Salles *et. al.* (2012b) mostra que as variáveis de estado atuam como estoques em um sistema. Com isso, elas acumulam os efeitos dos processos ao longo do tempo. Dependendo da abordagem do professor, conforme mostra Forrester (1996), esse conceito pode ser facilmente compreendido pelos estudantes, uma vez que somente são influenciados por taxas. Com efeito, Salles *et. al.* (2012b) também discutem que as variáveis de estado não podem ser alteradas por nenhuma variável auxiliar ou até mesmo outras variáveis de estado. Nesse sentido, o valor da variável de estado é determinado apenas pelo seu próprio valor anterior, e alterado devido aos processos que estão ativos, por um período de tempo.

As variáveis de estado podem proporcionar “*feedbacks* diretos”, devolvendo os efeitos para os processos (SALLES *et. al.*, 2012b), e também propagar os efeitos recebidos pelos processos para outras partes do sistema (nesse caso, utiliza as Proporcionalidades Qualitativas, as quais serão apresentadas e discutidas no capítulo 4 – Teoria Qualitativa dos Processos).

Salles *et. al.* (2012b) também mostra, como parte importante da DQS, a coerência entre as unidades de medida, por exemplo, em relação às taxas e variáveis de estado. Os autores mostram que as unidades desses dois elementos não são diferenciadas. Porém, a primeira é relacionada a um período de tempo. Além dessas, as variáveis auxiliares podem ser medidas em unidades diferentes. Entretanto, Salles *et. al.* (2012b) mostram que a relação com o tempo deve ser uniforme nos modelos. De fato, embora o tempo não seja medido com precisão em *DynaLearn*, é fundamental manter a mesma escala de tempo para os processos e situações que estão consideradas no sistema. Isso porque não é possível criar relações conceitualmente corretas entre as partes que atuam no sistema em diferentes escalas de tempo.

Os mecanismos de retroalimentação também são considerados como determinantes para o comportamento dos sistemas complexos (SALLES *et. al.*, 2012b). Martin (1997) mostra que as duas formas de retroalimentação, balanceadora e reforçadora, se combinam para criar o comportamento de sistemas complexos, e todos esses comportamentos envolvem, pelo menos, uma das formas de retroalimentação. Salles *et. al.* (2012b) identificam que as Taxas e Variáveis de estado são elementos importantes para criar a estrutura das retroalimentações. Os autores mostram que não há retroalimentação na DQS sem, pelo menos, uma variável de estado e uma taxa.

### 3 UMA REVISÃO DO RACIOCÍNIO QUALITATIVO

#### 3.1 Raciocínio Qualitativo na Educação

O RQ utiliza técnicas da IA para representar aspectos contínuos do mundo, como espaço, tempo e quantidade, sem a utilização de dados numéricos. Esta área de estudo vem sendo investigada na educação (BREDEWEG; FORBUS, 2003), especialmente por dois motivos: o primeiro se refere à natureza do RQ, o qual fornece elementos para ampliar e representar o conhecimento nas diversas áreas dos saberes.

Por exemplo, muito do que é ensinado nas instituições de ensino, tanto na educação básica, quanto superior, consiste em teorias causais de fenômenos físicos, as quais exigem explicações do tipo: o que acontece quando a água no estado sólido está exposta em um ambiente em que a temperatura está aumentando? Em qual momento acontece a fusão da água? Quais são as causas do desmatamento? Quais são os efeitos do desmatamento no solo? Nesse sentido, o RQ pode contribuir substancialmente no processo de aprendizagem, posto que amplia o raciocínio dos estudantes, possibilitando que estes pensem e sejam inseridos em situações problemas envolvendo a representação dos processos físicos, geralmente estudados durante a formação.

Na educação brasileira o ensino é majoritariamente baseado em fórmulas e regras memorísticas (SILVA *et. al.*, 2017). E, embora equações e números sejam importantes no processo educacional, à base principal para a compreensão holística de fenômenos está relacionada aos aspectos qualitativos. Contudo, os princípios da própria natureza das Ciências Naturais são formados por leis, mecanismos e relações causais. Desse modo, é fundamental que estes pontos sejam de domínio pelos estudantes, principalmente no nível qualitativo, o que fornecerá a base de entendimento necessária para compreensão de fenômenos. Como mostram Bredeweg e Forbus (2003), é importante que no processo educacional seja explorado os aspectos qualitativos dos assuntos estudados; e alguns materiais didáticos tentam fazer essa sustentação de compreensão por meio das bases qualitativas (por exemplo, ver em MILLER, 2011).

#### 3.2 Sobre o Raciocínio Qualitativo

O RQ busca desenvolver o raciocínio simbólico para representar funções matemáticas, sem o uso de dados numéricos, o que tem se mostrado muito produtivo em contextos educacionais (por exemplo, Bredeweg *et. al.*, 2013). A partir de técnicas desenvolvidas em RQ, modelos qualitativos de simulação podem ser construídos e neles



representados a estrutura e o funcionamento de sistemas diversos, principalmente em situações que não exigem respostas exatas, uma vez que se baseia em observações, bem como em estudo de previsões de comportamentos de sistemas físicos, com base na representação da estrutura dos sistemas modelados (FORBUS, 1984).

O RQ favorece a representação conceitual de sistemas, especificando as suas propriedades contínuas, tais como quantidades, espaço e tempo, usando distinções qualitativas, conceitualmente relevantes (FORBUS, 1984). É fundamentado na TQP. Nos modelos que seguem essa abordagem, os sistemas são conjuntos constituídos por objetos, representados pelas entidades, que formam o sistema que está sendo modelado. Os objetos e as relações entre elas constituem a estrutura do um sistema. As entidades se relacionam de tal modo que os estados de cada objeto dependem dos estados dos outros.

As propriedades que os objetos podem variar são descritas por quantidades. Na abordagem proposta pela TQP, os valores de uma quantidade são representados por magnitudes e derivadas. Entre as quantidades, são estabelecidas relações de dois tipos: influências diretas e influências indiretas. As *influências diretas* descrevem processos, mecanismos que iniciam mudanças no sistema (FORBUS, 1984). As influências indiretas, são chamadas *proporcionalidades qualitativas*, e propagam para outras quantidades do sistema as mudanças iniciadas pelos processos. No capítulo 4 detalharemos minuciosamente as influências diretas e proporcionalidades, de acordo com a TQP.

Assim, modelos baseados em RQ representam a dinâmica de sistemas, as relações causais que determinam o comportamento de um sistema, e permitem fazer previsões (sobre o futuro) e dar explicações (sobre o passado) do comportamento do sistema, dadas as condições iniciais das simulações. Essas características favorecem aplicações em atividades educacionais, nas quais se estimula o desenvolvimento de raciocínio hipotético-dedutivo e a criatividade do usuário, como demonstram diversos trabalhos de pesquisa.

### **3.3 Contexto das pesquisas com aplicações do RQ**

Salles, Gauche e Virmond (2004) desenvolveram um modelo voltado para a representação de conhecimentos de eletroquímica, no qual é possível perceber as interações entre reações químicas e corrente elétrica no sistema conhecido como Pilha de Daniell. O modelo também é apresentado como possível material didático.

Araújo (2005) desenvolveu modelos qualitativos para descrever alterações na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Monteiro do Distrito Federal. Segundo essa autora, os modelos qualitativos deram suporte para a geração de explicações e previsões sobre o comportamento da qualidade da água da bacia hidrográfica.

Anjos e Salles (2006) desenvolveram um modelo que contribui para a tomada de decisão referente à gestão de bacias hidrográficas, particularmente a microbacia do Riacho Fundo, no Distrito Federal. A validação do modelo por especialistas demonstra que a representação em RQ facilitou a compreensão dos fenômenos socioambientais identificados na microbacia.

Ramos (2010) descreve dois modelos conceituais de simulação para compreensão do ciclo vital do Pirá-Brasília, um peixe anual endêmico encontrado na região do Distrito Federal. Esse estudo permitiu compreender como alguns fatores atuam para tornar o peixe vulnerável, e assim justificar sugestões para a preservação da espécie.

Leão (2011) buscou identificar os principais fenômenos ecológicos necessários para a formação de metapopulações. Em seu estudo, construiu modelos qualitativos para explorar as principais diferenças e semelhanças conceituais entre as três abordagens mais relevantes para a teoria geral de metapopulações.

O potencial do uso de modelos qualitativos em representações de sistemas dinâmicos e na formação do pensamento sistêmico (FORRESTER, 2009) foi identificado por Bastos (2014). Esta autora apresentou uma proposta de disciplina, na modalidade à distância, para introduzir conceitos da dinâmica de sistemas.

Cavalcante (2015) utilizou agentes virtuais, uma funcionalidade oferecida por *DynaLearn* (BREDEWEG *et. al.*, 2013) no ensino de ciências para uma turma do 8.º ano do Ensino Fundamental. Depois de analisar o efeito dos agentes virtuais sobre a motivação dos alunos, o autor apresentou proposta para o ensino de Ciências no 8.º ano.

Ainda no contexto brasileiro, pesquisas têm demonstrado o potencial do RQ na educação de surdos (por exemplo, FELTRINI, 2009; RESENDE, 2010; ALVES, 2015). Esses estudos mostram que o uso de modelos qualitativos de simulação contribui para desenvolver o raciocínio lógico hipotético-dedutivo de estudantes surdos. Nesse sentido, demonstraram que os modelos qualitativos, por serem apresentados de forma diagramática, apoiada por recursos visuais atraentes, facilitam a comunicação de conceitos e, assim, possibilitam abordagens que favorecem o desenvolvimento de

raciocínio dedutivo acerca dos fenômenos e melhoraram os textos escritos em língua portuguesa.

Poppe *et. al.* (2010) apresentam um modelo de gestão sustentável da captação de água de rios baseado em RQ, que, para os autores, pode ser utilizado para apoiar as atividades da Educação Básica e Superior. Os autores apontam que os fragmentos de modelos (pedaços/partes do modelo que pode ser reutilizável em diferentes cenários) podem ser utilizados pelos estudantes e professores, em diferentes níveis de complexidade e aprofundamento, como base de referência e inspiração para representar problemas relacionados a captação de água de rios.

Liem (2013), em sua pesquisa de doutoramento na Universidade de Amsterdam, realizou um estudo minucioso sobre o RQ e sua utilização nos *software Garp3* e *DynaLearn*. O autor mostrou que os principais pontos que dificultam a modelagem se originam no uso da ferramenta. Para superar essas dificuldades, o pesquisador desenvolveu ferramentas que identifiquem os procedimentos para a modelagem, e que analisem e deem suporte para que o usuário resolva os problemas que teve.

Bredeweg, Liem e Nicolaou (2016) propuseram um método de avaliação para modelos conceituais e este foi aplicado e validado por docentes. Tal método demonstrou ser compreensível e efetivo para buscar resultados sobre os modelos elaborados.

Crouse e Forbus (2016) desenvolveram pesquisas no contexto da educação primária (*Elementary School*), nos EUA, sobre o uso de modelos qualitativos para responder questões cotidianas. Os autores observam que elaborar sistemas cognitivos de alta complexidade não é tarefa simples, especialmente na educação primária.

O RQ também tem sido útil para discentes da educação básica na representação de sistemas, além de auxiliar para a formação do pensamento científico (MIODUSER *et al.*, 2012). Esses autores apontam que, com o uso de modelos qualitativos construídos em *DynaLearn*, aprendizes aumentam sua capacidade de fazer inferências explorando as relações causais.

As plataformas que utilizamos nesta pesquisa para desenvolver modelos, baseados em RQ, são o *DynaLearn* e o *Dyna web*. Ambas articulam diferentes ambientes de modelagem, com níveis diferentes de complexidade; são dotadas de uma interface gráfica, na qual são construídos os modelos; realizam operações de raciocínio dedutivo a partir de uma linguagem de programação, baseada em Lógica de Primeira Ordem (Prolog). Tanto a construção dos modelos como a execução de simulações são mostradas em uma interface gráfica, que exhibe os resultados obtidos.

## 4 TEORIA QUALITATIVA DOS PROCESSOS

A abordagem escolhida para esta tese de doutorado baseia-se na TQP, e foi desenvolvida por Ken Forbus (1984). Nessa teoria, ações que causam mudanças nos objetos durante um determinado tempo, são intuitivamente caracterizadas como processos. Assim, para entender o raciocínio físico e criar modelos que representem essa interação com o mundo físico, é importante entender o que são e como atuam os processos, base da TQP.

As abordagens em RQ proporcionam vocabulário que permitem representar e descrever objetos, situações, relações de causalidade, premissas e mecanismos de mudanças. Com isso, é possível capturar conhecimento conceitual sobre sistemas e seu comportamento e usar tal conhecimento para produzir conclusões relevantes, contribuindo, então, para um ambiente de aprendizado mais interativo.

Na abordagem centrada em processos, o mundo é modelado por *objetos*. A hipótese principal da TQP é que toda mudança no sistema deve-se à ação de um *processo*. Esse pressuposto é conhecido como *mecanismo único* (*Sole Mechanism*, em inglês). Desse modo, todas as mudanças do sistema são causadas direta ou indiretamente por *processos*.

Os *objetos*, nos quais os fenômenos podem ser modelados, possuem propriedades contínuas (por exemplo, massa, altura, volume, etc.). Assim, a junção de *objetos*, suas propriedades, as relações entre elas, bem como os *processos* que ocorrem é definido como sistema. Os *objetos* se relacionam de tal modo que os *estados* de cada objeto dependem dos *estados* dos outros.

As propriedades contínuas mais relevantes dos *objetos* são representadas no modelo como *quantidades*, usadas para descrever como os *objetos* mudam ao longo do tempo. Nesse contexto, os possíveis valores das *quantidades* corresponderiam à reta dos números reais. De acordo com a TQP, as relações de causalidade definem o comportamento de um sistema, sem usar números ou expressões matemática para descrever o comportamento de cada *objeto* (FORBUS, 1984). Sistemas podem realizar funções específicas, definidas a partir da entrada de dados (*input*), notadamente representada pelo *cenário* (o qual descreve a *estrutura* do sistema, com *entidades*, *configurações*, objetos e os valores iniciais das *quantidades*). As interações entre as influencias causais processarão as possíveis mudanças no sistema para, finalmente, produzirem as informações de saída (*output*), que compõem o *comportamento* do

sistema. Tais informações de saída são interpretadas pelo *grafo de estados*, o qual captura todas as sequências de *estados* qualitativamente distintos que um sistema pode produzir, dado o cenário inicial (BREDEWEG *et. al.*, 2009). Os modelos qualitativos, portanto, descrevem o funcionamento do sistema a partir da causalidade estabelecida na estrutura representada no modelo para inferir o comportamento do sistema. Este, por sua vez, é constituído pela sequência de estados qualitativos observados na dinâmica do sistema ao longo do tempo, sendo cada estado caracterizado por um conjunto específico de valores das variáveis gerados simultaneamente.

#### 4.1 Espaços Quantitativos

Forbus (1984) mostra que os valores qualitativos devem ser selecionados de acordo com as características do fenômeno a ser modelado. Essa abordagem é denominada “Princípio da relevância” (FORBUS, 1984, p. 92). Este princípio mostra que somente os valores que correspondem a diferenças relevantes no comportamento do sistema devem pertencer o espaço quantitativo de uma quantidade. Além disso, a variação entre os valores selecionados devem ser suficientes para demonstrar as mudanças de estados [qualitativos] no modelo.

Para representar essas mudanças, Forbus (1984) se refere às descrições de objetos ao longo do tempo (sempre espacialmente limitados), conhecidas como “Histórias”. Para o autor, a história é formada de episódios e eventos. Episódios tem a duração de intervalos de tempo. Entre um episódio e outro, acontecem situações que duram apenas um instante de tempo, os ‘eventos’. As histórias ajudam a solucionar problemas, porque objetos podem interagir somente quando suas histórias interceptam. Segundo Forbus (1984), as histórias, para o RQ, são equivalentes às descrições de estados ao longo do tempo para as simulações numéricas matemáticas.

Dessa forma, o EQ representa um conjunto de valores que devem incluir intervalos e pontos. O EQ representa a mudança contínua nos valores das variáveis, de modo que não seja possível pular valores dentro de um EQ determinado. Por exemplo, ao se considerar os valores para a quantidade de pessoas na Orla do lago, esses podem ser distribuídos em um espaço quantitativo como {'Zero' (ponto), 'Pequeno' (intervalo), 'Médio' (ponto) ou 'Grande' (intervalo)}. No caso, ‘Zero’ significa que não há pessoas na Orla do lago. Neste exemplo, para a quantidade *Pessoas*, o EQ é {'Zero’, ‘Pequeno’, ‘Médio’, ‘Grande’}.

Como a TQP trata de sistemas dinâmicos, o valor de uma quantidade é representado pelo par <Magnitude, Derivada>. A magnitude representa a ‘quantidade’ de uma variável, ou seja, o ‘tamanho da coisa’ (por exemplo: ‘Pequeno’, ‘Grande’, ‘Quente’, ‘Gelado’). A derivada representa a direção da mudança do valor dessa variável, com valores do EQ = {'Positivo', 'Zero' ou 'Negativo'}, os quais indicam que a variável está crescendo, estável ou decrescendo, respectivamente. Mudanças de valores representam o comportamento de uma quantidade. Portanto, se uma variável tiver magnitude com valor ‘Pequeno’ e estiver crescendo, <Pequeno, Positivo> será seu valor. Desse modo, as alterações nos valores das variáveis indicam indiretamente a passagem do tempo.

Uma quantidade específica pode ser associada à outra quantidade de tal forma que mudanças de valor na primeira sejam simultaneamente associadas com o valor da segunda quantidade. Essa situação é representada na TQP por *correspondências* (FORBUS, 1984). Por exemplo, se uma pessoa estiver dentro de um veículo, e este percorrer uma distância ‘Grande’, o valor da distância percorrida pelo passageiro corresponderá ao mesmo valor ‘Grande’. A *correspondência* pode ser também invertida: em um sistema fechado, uma quantidade ‘Grande’ de vapor corresponde a uma quantidade ‘Pequena’ de água líquida em ebulição.

#### 4.2 Noção de causalidade

A noção de causalidade possibilita gerar previsões e explicações nos sistemas modelados em RQ em termos de causa-efeito. A formalização desses conhecimentos e a aplicação no raciocínio automatizado é a base para gerar explicações nos modelos baseados em RQ. Desse modo, o conceito de causalidade é aplicado na TQP como segue: se, por exemplo, “X causa Y”, então alterações em X provocam mudanças em Y. E se ocorrem às mudanças em Y, estas se devem a mudanças em X (FORBUS, 1984). Em modelos matemáticos, essa representação não é explícita.

As relações causais, na TQP, permitem diferenciar mudanças no sistema iniciadas por processos, e a propagação dos efeitos dos processos para outras quantidades do sistema, por meio de *proporcionalidades qualitativas* (FORBUS, 1984). Uma quantidade que não é alterada por qualquer processo é, na TQP, uma constante. Forbus (1984) denominou de *Hipótese de causalidade direcionada*.

A *Hipótese de causalidade direcionada* impõe três ressalvas para o funcionamento de influências e proporcionalidades: a) as mudanças no sistema são

iniciadas por *influências diretas* e as *proporcionalidades qualitativas* propagam essas mudanças iniciadas pelas *influências diretas*; b) *influências diretas* e *proporcionalidades* são direcionadas a propagarem na mesma direção da cadeia causal; c) nenhuma quantidade pode ser influenciada direta e indiretamente simultaneamente (FORBUS, 1984).

### 4.3 Influências diretas e Proporcionalidades Qualitativas

Os dois tipos de influências na TQP, as *influências diretas* e *influências indiretas* (ou '*Proporcionalidades qualitativas*'), têm duplo significado: (a) representam relações de causalidade direcionada que determinam o comportamento do sistema modelado; e (b) são usadas para representar funções matemáticas nos modelos qualitativos e, desse modo, 'calcular' os valores qualitativos das quantidades influenciadas por elas (FORBUS, 1984).

Como mencionado anteriormente, *processos* afetam diretamente certas quantidades, as quais propagam os efeitos ao longo do tempo para outras partes do sistema modelado. Os *processos* são modelados como *influências diretas* (I+ ou I-) e os efeitos dessas mudanças influenciam outras partes do sistema por meio de *proporcionalidades qualitativas* (P+ ou P-). A combinação de *influências diretas* e *proporcionalidades* expressam relações causais, as quais podem servir de base para explicar e para prever o comportamento de um sistema (FORBUS, 1984).

De forma análoga à representação de funções numéricas adotadas na SD, na TQP o comportamento dos sistemas dinâmicos é expresso, de forma qualitativa, por relações que representam equações diferenciais ordinárias (FORBUS; DE KLEER, 1993), nas quais eventuais restrições são colocadas sobre as taxas de variação das quantidades em períodos determinados de tempo ( $dQ/dt$ ) e não nas próprias quantidades. Com efeito, uma influência direta (I+ ou I-), que modela os efeitos de um processo, na TQP é descrita como segue<sup>6</sup>: I+(Q1, Q2), a qual significa  $dQ1/dt = + Q2$ . Nessa expressão, Q1 é uma variável cujo valor define o estado do sistema naquele momento (e por isso, é denominada *Variável de Estado*), e Q2 é uma *Taxa* que mede a variação da variável de estado [Q1], em certo intervalo de tempo. Sendo positivo, o

---

<sup>6</sup>Na representação das influências diretas (I+ e I-) e proporcionalidades qualitativas (P+ e P-), a primeira quantidade entre parênteses é influenciada pela segunda. Por exemplo: I+(Y, X) significa que X influencia Y. Da maneira similar, P+ (W,Z) significa que W é influenciada por Z, e nunca o contrário.

valor da magnitude de Q2 é adicionada ao valor da magnitude de Q1 e, portanto, essa quantidade começa a crescer (derivada positiva).

Caso essa mesma variável de estado seja influenciada negativamente por outro processo com *Taxa* Q3, então I-(Q1, Q3), o que equivale à equação:  $dQ1/dt = - Q3$ . Nesse caso, o valor de Q3 é subtraído de Q1 e, se  $Q3 \neq$  zero, a quantidade Q1 começa a diminuir, ou seja, sua derivada se torna negativa. Se  $Q3 =$  zero, então o processo está inativo e Q1 permanecerá estável. Pode ocorrer também que os dois processos atuem simultaneamente sobre a mesma variável de estado: I+(Q1, Q2) e I-(Q1, Q3). Nesse caso, as expressões equivalem a uma equação diferencial em que  $dQ1 / dt = + Q2 - Q3$ . A operação em que se calcula o novo valor de Q1, sob a influência de um ou mais processos, expressos por uma ou mais taxas, corresponde à operação matemática de *integração*. A título de ilustração, suponha uma situação em que dois processos, por exemplo, desmatamento e reflorestamento, estejam ativos e contribuam para determinar a quantidade de vegetação em uma área específica. Nesse caso, o modelo I+(vegetação, taxa de reflorestamento) e I-(vegetação, taxa de desmatamento) seria a representação qualitativa da equação diferencial:

$$\frac{d \text{ quantidade de vegetação}}{dt} = \text{taxa de reflorestamento} - \text{taxa de desmatamento}$$

Essa operação pode gerar três resultados, de acordo com os valores das taxas:

- (a) Se *taxa de reflorestamento* > *taxa de desmatamento*, então a variação será positiva e *quantidade de vegetação* terá uma derivada positiva e crescerá;
- (b) Se *taxa de reflorestamento* < *taxa de desmatamento*, então a variação será negativa e *quantidade de vegetação* terá uma derivada negativa e diminuirá;
- (c) Se *taxa de reflorestamento* = *taxa de desmatamento*, então a variação será zero e *quantidade de vegetação* permanecerá estável.

As proporcionalidades qualitativas (P+ e P-), na TQP, expressam relações de causalidade e também possuem interpretação matemática. Com efeito, as proporcionalidades representam funções monotônicas (estritamente crescente ou estritamente decrescente) de tal forma que, se a relação entre duas variáveis tiver uma proporcionalidade positiva (P+), a direção de mudança (a derivada) da quantidade influenciadora fará com que a quantidade influenciada mude na mesma direção.



Simbolicamente, se a relação é  $P+(Q4, Q5)$ <sup>7</sup> e  $Q5$  estiver aumentando (derivada positiva), então  $Q4$  também terá derivada positiva (e aumentará). Caso a relação seja a de uma proporcionalidade negativa ( $P-$ ), a quantidade influenciada mudará na direção oposta à da derivada da quantidade influenciadora. Por exemplo, se a relação for  $P-(Q6, Q7)$  e  $Q7$  estiver aumentando, a quantidade  $Q6$  vai diminuir (derivada negativa). Finalmente, se a quantidade influenciadora estiver estável (derivada zero), a quantidade influenciada também permanecerá estável.

A título de ilustração de aplicações práticas envolvendo influências diretas e proporcionalidades, podemos voltar aos processos reflorestamento e de desmatamento. Ambos afetam a mesma quantidade, chamada *Vegetação*. No primeiro exemplo, temos  $I+(Vegetação, Taxa\ de\ reflorestamento)$ . Nesse caso, se o processo de reflorestamento estiver ativo, o que significa que a *Taxa de reflorestamento* é maior que ‘Zero’, o valor desta taxa será adicionado ao valor da quantidade *Vegetação*, e o valor desta quantidade aumentará (terá uma derivada positiva). De modo similar, a expressão  $I-(Vegetação, Taxa\ de\ desmatamento)$  indica que, se o processo de desmatamento estiver ativo, a *Taxa de desmatamento* também será maior que ‘Zero’ e esse valor será subtraído do valor da quantidade influenciada. Nesse caso, *Vegetação* vai diminuir (derivada negativa). Naturalmente, se um processo estiver inativo, sua taxa terá valor zero e o valor da quantidade influenciada permanece inalterado.

Para ilustrar o efeito das proporcionalidades qualitativas nas cadeias de causalidade, vamos analisar o significado das seguintes expressões:  $P+(Disponibilidade\ de\ recursos\ naturais, Vegetação)$  e  $P-(Erosão, Vegetação)$ . No primeiro caso, a quantidade *Vegetação* influencia positivamente ( $P+$ ) a quantidade *Disponibilidade de recursos naturais*, fazendo com que esta varie na mesma direção da primeira. Ou seja, se *Vegetação* estiver aumentando, então a *Disponibilidade de recursos naturais* também aumentará; se *Vegetação* estiver diminuindo, então a quantidade *Disponibilidade de recursos naturais* também vai diminuir. No segundo caso, a influência negativa ( $P-$ ) de *Vegetação* sobre *Erosão* fará com que esta varie na direção oposta à daquela. Assim, se *Vegetação* estiver crescendo, a *Erosão* diminuirá, e vice-versa.

---

<sup>7</sup>No texto original da TQP, Forbus (1984) utiliza a representação  $Q_1\alpha_{q+}Q_2$ . Esta expressão indica que “ $Q_1$  é qualitativamente proporcional a  $Q_2$ ” (FORBUS, 1984, p. 99, tradução nossa). A leitura da cadeia causal é da direita para a esquerda, com uma proporcionalidade indireta positiva entre  $Q_2$  e  $Q_1$ . A referida expressão implica que  $Q_2$  e  $Q_1$  variam na mesma direção (os símbolos  $\alpha_{q+}$  representam a proporcionalidade indireta positiva  $P+$ ).

Concluindo, as influências diretas (I+ e I-) afetam o valor da magnitude da quantidade influenciada, que muda por ação de um processo (representado pela quantidade *Taxa*). As proporcionalidades indicam apenas como a direção de mudança da quantidade influenciadora determina a direção de mudança da quantidade influenciada. Desse modo, influências diretas e proporcionalidades possibilitam representar qualquer equação diferencial ordinária em que a variável independente é o tempo (FORBUS; DE KLEER, 1993).

Além dos aspectos matemáticos, o arranjo de influências diretas e indiretas permite construir cadeias de causalidade, em que os efeitos dos processos se propagam para outras quantidades. Por exemplo, a partir dos casos acima, podemos estruturar as seguintes expressões no esquema abaixo:

I+(*Vegetação, Taxa de reflorestamento*)

I-(*Vegetação, Taxa de desmatamento*)

P+(*Disponibilidade de recursos naturais, Vegetação*)

P-(*Erosão, Vegetação*)

Nesse caso, a representação proposta pela TQP é também capaz de mostrar como atuam as relações causais, resultando em cadeias de causalidade como a mostrada abaixo:



O diagrama acima representa a seguinte cadeia de causalidade: “O processo do desmatamento faz reduzir o tamanho da *Vegetação*, e a diminuição da *Vegetação* faz aumentar a *Erosão*”. Se todas as influências diretas e indiretas estiverem ativas, é possível concluir que “se a disponibilidade de recursos naturais estiver aumentando e a erosão estiver diminuindo, a explicação é a de que a taxa de reflorestamento é maior que a de desmatamento, naquela área e durante aquele período de tempo”.

#### 4.4 Visões Individualizadas na TQP

As ‘visões’ (*envisionment*, em inglês), ou ‘visões individualizadas’, “podem ser usadas para expressar características operacionais desejáveis e indesejáveis” (FORBUS, 1984, p. 163, tradução nossa) e situações específicas. São definidas a partir de objetos, quantidades e relações quantitativas, combinados para representar a estrutura do

sistema. Essas visões individualizadas podem descrever diferentes situações. Assim, a descrição do comportamento do sistema depois de uma simulação será construída pela combinação dessas visões individualizadas de situações, alteradas de acordo com visões que trazem conhecimentos operacionais. Em *DynaLearn*, tais visões são chamadas *Fragments de modelo*.

#### 4.5 Fragmentos de modelo

Fragmentos de modelo (FM) são partes ou pedaços de modelos que contêm informações sobre condições, consequências, relações operacionais entre os objetos e as propriedades destes envolvidos. Em *DynaLearn*, apenas o LS6 utiliza essas estruturas. Os FMs podem ser classificados em três categorias diferentes: estáticos, processos ou agentes. O primeiro grupo descreve relações entre entidades e quantidades que envolvem apenas relações de proporcionalidade; o segundo grupo (processos) descreve os mecanismos naturais (físicos, químicos e biológicos) que promovem mudanças no sistema modelado. Assim, os FMs de processos introduzem a causalidade no comportamento em termos de influências diretas (I+ e I-). O terceiro grupo (Agentes) descreve impactos exógenos (de origem externa ao sistema) no comportamento do sistema, por exemplo, efeitos causados em decorrência das ações antrópicas (que não estão representadas no modelo em questão).

Cada FM deve representar pelo menos um conceito (SALLES; BREDEWEG, 2006a). E o conjunto de conceitos envolvidos no tema modelado em FM forma a biblioteca de fragmentos de modelo com os conhecimentos representados no modelo. A biblioteca de FM pode ser iniciada pela representação dos conceitos básicos dos processos envolvidos e, a partir disso, acrescentar outros conhecimentos relacionados. Além disso, situações contraditórias podem conviver na mesma biblioteca de FMs, e isso garante uma grande variabilidade de simulações possíveis com um só modelo.

Dada uma situação inicial (exposta no cenário), a máquina de inferências do *software* de simulação (em nosso caso, tanto na versão física como na versão web de *DynaLearn*) busca, na biblioteca, os fragmentos de modelo relacionados no cenário para incorporá-los na simulação. Esse mecanismo é conhecido como ‘satisfação de restrições’ – a situação descrita no cenário inicial restringe os FM que podem ser acrescentados à descrição dos novos estados. Essa combinação de fragmentos de modelo selecionados para compor modelos de simulação é conhecida por modelagem composicional (FORBUS, 1984).

## 5 A BANCADA DE MODELAGEM: *DYNALEARN*

A ferramenta utilizada para alcançarmos os objetivos desta tese é o *software DynaLearn*, tanto na versão física quanto a versão web. Nesta seção, é apresentado e detalhado as ferramentas do *software*. Em seguida, são diferenciados o *DynaLearn* físico e o *Dyna web*.

### 5.1 Considerações sobre o *DynaLearn*

*DynaLearn* vem sendo utilizado em áreas de pesquisa científica, como educação e ensino, como ferramenta para a elaboração de recursos didáticos, a partir de representações diagramáticas que podem ser elaboradas por estudantes e/ou professores para expressarem suas concepções e ideias sobre algum assunto (por exemplo, RESENDE, 2010; LEÃO, 2011; BREDEWEG *et. al.* 2013; CAVALCANTE, 2015; ALVES, 2015).

O *software DynaLearn* é um ambiente virtual que possibilita a criação de modelos e de simulações de modo a permitir aos estudantes interagir, de forma ativa, no processo de aprendizagem, modelando e analisando resultados (BREDEWEG *et. al.*, 2013). No sítio do *DynaLearn*<sup>8</sup>, está registrado:

*DynaLearn* simplifica a construção de modelos, tornando-os mais acessíveis para os estudantes. Uma importante aplicação do *DynaLearn* é o aprendizado de sistemas complexos, que é a capacidade de obter rapidamente uma compreensão dos sistemas dinâmicos. (Tradução nossa).

Além disso, Bredeweg *et. al.* (2013) mostram que *DynaLearn* permite o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem, uma vez que estes podem construir sua interpretação conceitual do comportamento dos sistemas gerados e, ao mesmo tempo, aprender conceitos de Ciências de forma integrada.

Bredeweg *et. al.* (2013) mostra como o ambiente de aprendizagem permite aos estudantes externar suas concepções e abstrações, tornando-as visíveis. Essas abstrações, uma vez visualizadas por expressões diagramáticas, podem ser mais bem organizadas, o que facilita o entendimento, o aprofundamento e reflexões superiores, tanto individuais quanto coletivamente, em prol da construção de conhecimento e entendimento de fenômenos que, se apresentados apenas em linguagem verbal ou escrita, seriam de difícil compreensão.

---

<sup>8</sup> <https://ivi.fnwi.uva.nl/tcs/QRgroup/DynaLearn/software/>

*DynaLearn* também favorece situações de interatividade, por meio de sua interface com ícones autoexplicativos, que respalda modeladores e os incentiva a desenvolver sua autonomia. Desse modo, discentes vivem situações em que são protagonistas da representação que constroem e, nesse viés, sujeitos ativos no processo de desenvolvimento do conhecimento conceitual (CAVALCANTE, 2015).

O *software* tem sido utilizado em inúmeras possibilidades de intervenções educacionais, entre elas: cursos de formação de professores de Ciências Biológicas, inclusive em educação à distância (BASTOS, 2014), e na preparação de atividades didáticas com educandos surdos e ouvintes (por exemplo, FELTRINI, 2009; RESENDE, 2010). O programa é versátil e permite a manipulação e a criação de modelos conceituais, capazes de abordar conteúdos diversos, desde que contemplem a visão sistêmica e contribuam para a compreensão dos conteúdos modelados (SALLES; BREDEWEG, 2006a). Com o *DynaLearn*, é possível capturar imagens das telas em qualquer etapa da modelagem, o que, juntamente com as características já descritas, permite a criação de materiais didáticos inovadores. E nesse contexto, acreditamos que o *DynaLearn* é um instrumento que fortalece aquilo que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) mostra, sobre a importância da escola propor novas ferramentas e possibilitar que os estudantes desenvolvam habilidades, de tal forma que sejam mais participativos, críticos e preparados para tomadas de decisão de forma consciente (BRASIL, 2018).

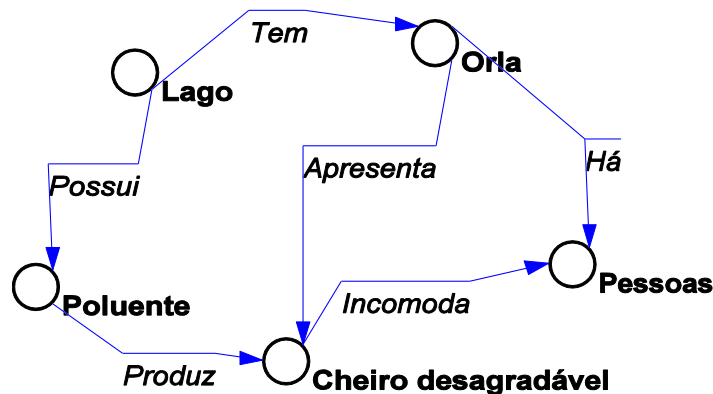
## 5.2 Dos elementos de *DynaLearn*

A modelagem conceitual qualitativa, baseada em RQ, pode ser feita no *DynaLearn* em seis níveis de complexidade, chamados de *Learning Spaces [LS]* - Espaços de Aprendizagem: LS1, LS2, LS3, LS4, LS5, LS6. Bredeweg *et. al.*, (2013) descreve cada um desses espaços de aprendizagens. Explicaremos, abaixo, com mais profundidade, até o LS4, foco de nossa pesquisa.

O primeiro espaço de aprendizagem (LS1 – *Concept Map* [Mapa Conceitual]) permite a expressão, basicamente, de mapas conceituais. Nesse nível de modelagem, são elaborados diagramas nos quais conceitos são unidos por meio de linhas ou setas, às quais são acrescentados de palavras que apresentam definições e relações. Dessa forma, os conceitos são relacionados e visualizados em conjunto e de maneira hierarquizada, como se fossem mapas. São muito conhecidos e têm sido usados para planejamento, execução e avaliação em atividades educacionais. Por exemplo, podemos descrever, por

meio de um mapa conceitual, os efeitos de poluentes na orla de um lago. Segue, na Figura 5.1, um mapa construído no primeiro nível de complexidade de *DynaLearn*.

**Figura 5.1.** Mapa conceitual do modelo ‘Orla do lago’.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

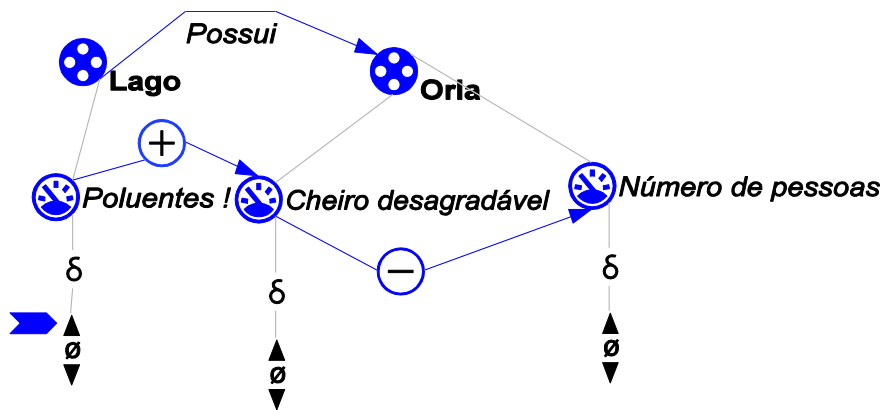
O mapa da Figura 5.1 associa conceitos por meios de palavras que descrevem a relação entre eles. Por exemplo, 'lago possui poluentes'. Entretanto, não é possível fazer simulações com esses modelos, que servem principalmente para organizar e descrever a estrutura do sistema com palavras (ou expressões matemáticas), sem contudo usar elementos de modelagem.

O segundo espaço de aprendizagem (LS2 - *Basic Causal Model* [Modelo causal básico]) já possibilita a estruturação de um modelo de simulação, com relações de causa e efeito, por meio do diagrama de influências. Em LS2, é possível inserir ‘entidades’ (objetos), ‘quantidades’, ‘derivadas’, ‘configurações’ e influências positivas ou negativas.

É o nível mais simples de modelagem, capaz de gerar simulações que indicam a variação das derivadas (em termos de ‘crescendo’, ‘estável’, ‘diminuindo’) das quantidades de cada objeto (entidade) que constitui o sistema dados os valores iniciais de uma ou algumas quantidades. A causalidade é simplificada e representada apenas por setas que mostram, com sinais positivo (+) e negativo (–), o tipo de influência que uma quantidade exerce sobre outra.

As Entidades e as configurações mostram as possíveis relações estruturais entre elas, como: *contém*, *tem*, *possui*. Ligadas aos objetos, são representadas quantidades, que representam as características variáveis das entidades. Entre as quantidades são modeladas relações de influência que podem ser positivas e negativas (respectivamente + e –). Na Figura 5.2 é apresentado o modelo ‘Orla do lago’ elaborado em LS2:

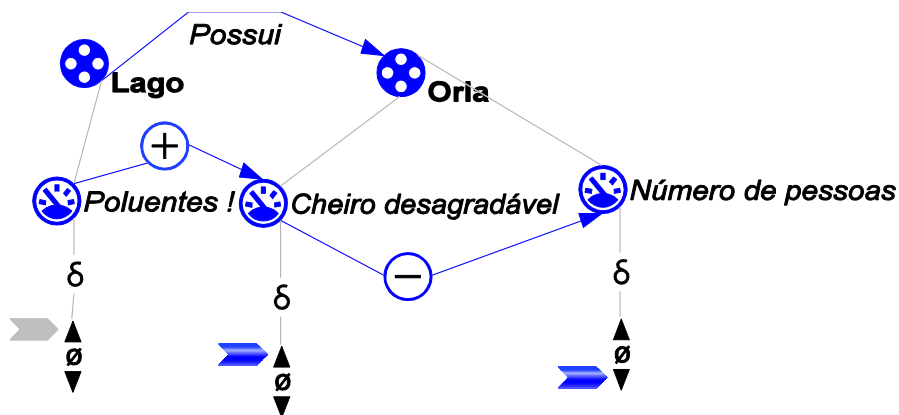
Figura 5.2. Modelo 'Orla do lago', em LS2.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

Na ampliação do mapa conceitual para o LS2, os conceitos 'Lago' e 'Orla' foram transformados em entidades. A relação entre elas é representada pela configuração *Possui*, tal que essa combinação deve ser lida como 'Lago possui Oria'. Nesse modelo, *Poluentes* aparece como quantidade do 'Lago' e *Cheiro desagradável* e *Número de pessoas* aparecem como quantidades da entidade 'Orla'. As influências (+ e -) passam a representar a causalidade. Ainda podemos perceber o espaço quantitativo associado às quantidades, constituídos pelos valores {*crescendo*, *estável* (zero), *diminuindo*}, e a quantidade *Poluentes* com valor inicial "crescendo" (indicada pela seta azul). Os valores das derivadas estabelecidos inicialmente se propagam para as demais quantidades, e o resultado da simulação mostra uma fotografia de um único estado do comportamento do sistema. A Figura 5.3 mostra o resultado dessa simulação.

Figura 5.3. Resultado da simulação do Modelo 'Orla do lago' com a derivada aumentando.

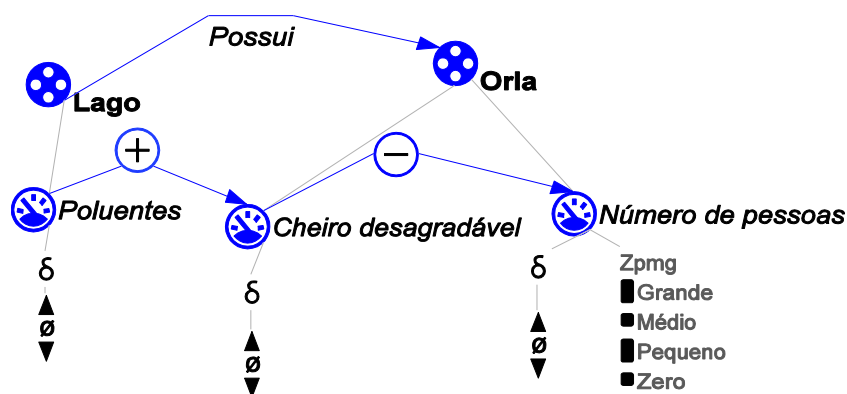


Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

No cenário inicial, tínhamos apenas a seta azul na derivada que representa a quantidade de poluentes (ver Figura 5.2). Após ‘rodar’ a simulação (Figura 5.3), a seta que antes era azul tornou-se cinza e apareceram setas azuis nas demais quantidades. Essas setas azuis indicam os resultados calculados pelo *DynaLearn* durante a simulação. Diante disso, o resultado dessa simulação pode ser descrito da seguinte forma: se a quantidade de *Poluentes* estiver aumentando, o *Cheiro desagradável* da orla também estará aumentando, o que leva o *Número de pessoas* na orla diminuir.

No nível LS3 (*Basic Causal State Graph* [Modelo Causal com Grafo de Estados]) é possível construir modelos e simulações semelhantes às aquelas obtidas em LS2. A diferença está na representação de uma ou mais quantidades, que possuem também magnitudes, além de derivadas. Portanto, o valor dessa(s) quantidade(s) é descrito pelo par <Magnitude, Derivada>, e a magnitude tem os valores qualitativos possíveis inscritos em seu Espaço Quantitativo. Cada valor pode potencialmente representar um estado novo dessa quantidade. Na Figura abaixo, tem-se um exemplo de um modelo em LS3, ampliado do modelo elaborado em LS2.

Figura 5.4. Modelo “Orla do lago”, em LS3.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

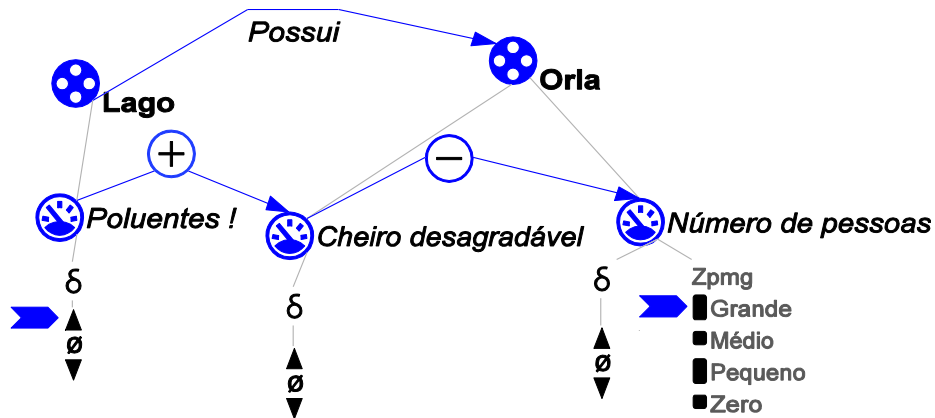
Esse modelo foi elaborado em LS3, então é possível que todas as variáveis tenham as derivadas, como em LS2. Entretanto, definimos a magnitude da variável *Número de pessoas*, associada ao seguinte espaço quantitativo: {zero, pequeno, médio e grande}.

O Modelo elaborado em LS3 pode ter vários Cenários iniciais para simulações, dependendo dos valores iniciais das variáveis *Poluentes* e *Número de pessoas*. A Figura 5.5 mostra um Cenário em que a quantidade *Poluentes* está crescendo, e *Número de Pessoas* tem magnitude ‘Grande’ (e sua derivada não é definida). É importante ressaltar



que o modelo qualitativo traz os respectivos valores iniciais da simulação representados por uma seta azul e pelo sinal de exclamação (!) nas variáveis às quais foram atribuídos valores iniciais para a derivada.

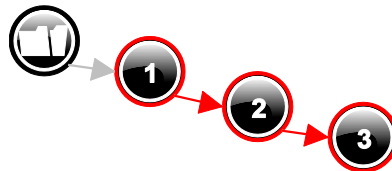
**Figura 5.5.** Modelo “Orla do lago”, em LS3, com valores iniciais.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

A Figura 5.6 mostra o grafo de estados, diagrama que representa o Cenário descrito e os três estados produzidos na simulação.

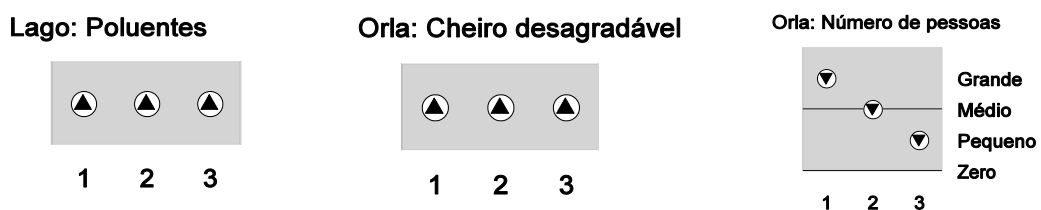
**Figura 5.6.** Grafo de estados do modelo “Orla do lago”, em LS3.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

Os valores assumidos por todas as quantidades representadas no modelo durante a simulação são apresentados no diagrama da história de valores (*Value History Diagram – VHD*), na Figura 5.7. O VHD permite compreender as mudanças ocorridas nas transições entre os estados: [1 → 2 → 3].

**Figura 5.7.** Resultados da simulação do modelo “Orla do lago”, em LS3.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

A simulação descreve um desdobramento da poluição do Lago: o mau cheiro espantou as pessoas que estavam na orla. Os resultados mostram a manutenção das derivadas (*crescendo*) das quantidades *Poluição* e *Cheiro desagradável*, enquanto da quantidade *Número de pessoas* diminui até ‘Pequeno’, sem que uma situação de equilíbrio seja estabelecida.

Portanto, a inclusão da magnitude no modelo em LS3 traz duas consequências: a criação de diferentes estados em que o sistema pode ser observado e a noção de tempo, como descrito por Forbus (1984). Um estado do sistema é um momento (ou um período de tempo) caracterizado pelos valores simultâneos de todas as quantidades representadas no modelo. O conjunto de estados observados em uma simulação constitui o comportamento do sistema. O diagrama que mostra o conjunto de estados obtidos em uma simulação é o grafo de estados. A noção de tempo é dada pelo andamento da simulação. Como o modelo qualitativo não trabalha com números, o tempo é medido apenas como uma sequência de estados. Não sabemos (em geral) a duração de cada estado.

As mudanças de valores do EQ correspondem a sequências de estados. O conjunto que estabelece os possíveis valores qualitativos da magnitude serão sempre sequências de pontos e intervalos. Suponhamos que uma quantidade tenha o  $EQ = \{\text{intervalo } \textit{pequeno}, \text{ponto } \textit{médio}, \text{intervalo } \textit{grande}\}$ . Uma sequência de estados observados durante uma simulação poderia ser caracterizado pela seguinte história de valores da quantidade:

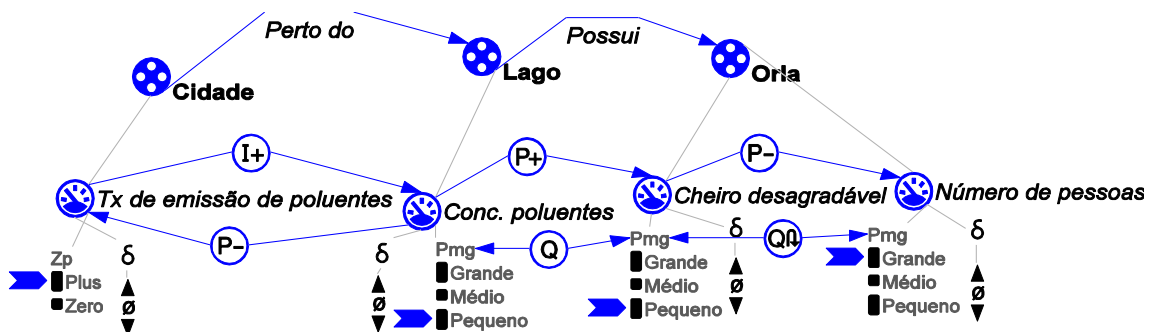
$[(\textit{pequeno}, \textit{crescendo}) \rightarrow (\textit{médio}, \textit{crescendo}) \rightarrow (\textit{grande}, \textit{crescendo})]$ .

Podemos supor que o tempo em que a quantidade tenha o valor *pequeno* possa ser longo, enquanto o tempo com o valor *médio*, que é apenas um ponto.

Em LS4 (*Causal Differentiation Model* [Diferenciação Causal]), a noção de causalidade proposta por Forbus (1984) é mais detalhada, pela diferenciação das influências direta (I+ e I-) e indireta (P+ e P-) (BREDEWEG *et. al.*, 2013). Nesse nível, é possível representar melhor os processos, responsáveis por todas as mudanças que ocorrem no sistema (por meio de influências diretas) de acordo com TQP. De fato, pressuposto fundamental da TQP é que todas as mudanças que ocorrem no sistema são iniciadas por um ou mais processo(s) (FORBUS, 1984). As mudanças causadas pelos

processos se propagam para outras partes do sistema por meio de proporcionalidades qualitativas. Por exemplo, consideremos que o processo “poluição” de um lago está ativo. Depois de algum tempo, a quantidade de poluentes terá certa concentração de tal forma que as pessoas passam a exalar um cheiro desagradável no bairro ao redor do lago. Usando-se os elementos de representação disponíveis em LS4, o processo de poluição causada pela cidade seria representado por uma *Taxa de emissão de poluentes*, que afeta a quantidade *Concentração de poluentes* no ‘Lago’. Os *Poluentes* podem produzir um *Cheiro desagradável*, que diminuirá a quantidade de pessoas que se encontra na orla. Segue, na Figura 5.8, o cenário do modelo representando o processo descrito, com os valores iniciais.

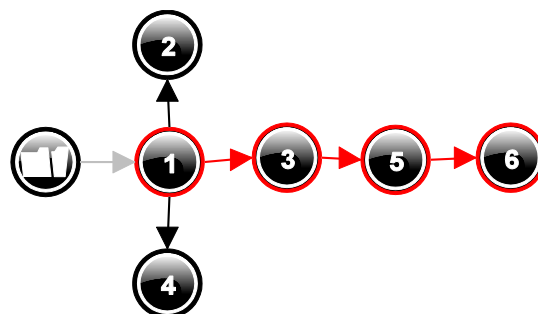
Figura 5.8. Modelo ‘Orla do lago’, em LS4.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

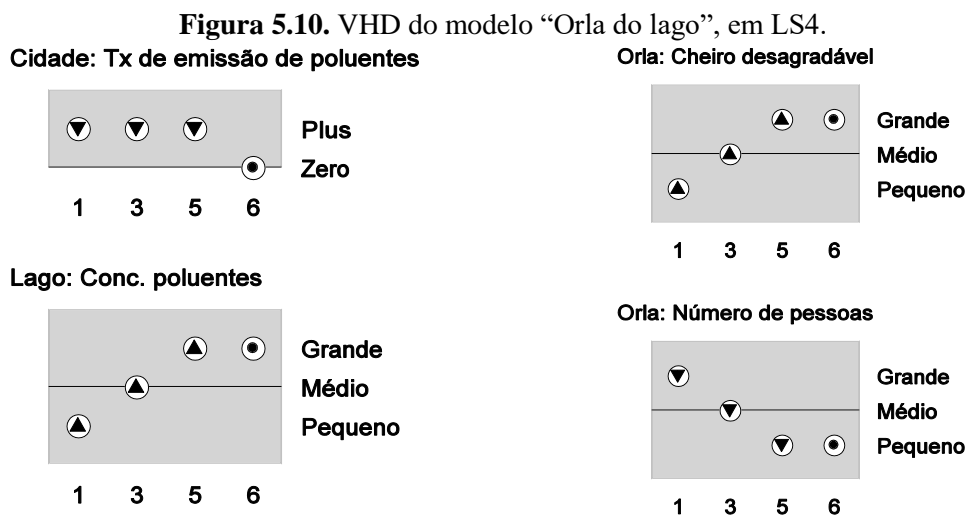
A simulação começa com um estado inicial e produz 6 estados. A figura abaixo apresenta o grafo de estados gerado, com a respectiva trajetória de comportamento selecionada.

Figura 5.9. Grafo de estados do modelo “Orla do lago”, em LS4.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

Os valores assumidos pelas quantidades representadas no modelo durante a simulação são apresentados no VHD, na Figura 5.10, o qual permite compreender as mudanças ocorridas nas transições entre os estados: [1] → [3] → [5] → [6].



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

Podemos perceber pela Figura 5.10 que o processo está ativo, pois a taxa de emissão de esgotos tinha valor < ‘Plus’, negativa > nos estados [1, 3, 5] e no estado 6, o processo é inativado (<zero, zero>). Além disso, essa taxa coloca uma influência direta (I+) sobre *Concentração de poluentes*. Esta quantidade influencia com P+ a *Cheiro desagradável*, que por sua vez afeta, com P-, *Número de pessoas*. As influências colocadas pelas proporcionalidades citadas são mostradas pelos triângulos dentro dos círculos, os quais indicam que as derivadas das variáveis ganharam valores positivo [no caso da *Concentração de poluentes* e *Cheiro desagradável*] ou negativo [no caso de *Número de pessoas*].

A influência direta inserida sobre a quantidade *Concentração de poluentes* indica que a referida quantidade crescerá até certo limite [estado 5], porque o processo é estabilizado no estado [6]. O controle do processo acontece porque a *Concentração de poluentes* insere uma influência indireta (P-) sobre a *Taxa (Taxa de emissão de poluentes ← Concentração de poluentes)*. Esta é a representação de um mecanismo de retroalimentação (ou *feedback*), muito importante para o controle do comportamento do sistema. Conforme mencionamos, a representação de mecanismos de retroalimentação é um aspecto essencial para a compreensão do comportamento de sistemas complexos, em modelos de Dinâmica de Sistemas (FORRESTER, 2009).

O mecanismo de retroalimentação representado no modelo é do tipo balanceador, pois a proporcionalidade qualitativa (P-), entre a variável de estado (*Concentração de poluentes*) e a *Taxa (Taxa de emissão de poluentes)*, indica que o

processo é controlado, pois tem uma influência em direção oposta ao efeito inserido pela taxa.

Importante notar que *Concentração de poluentes* afeta, com P+, a quantidade *Cheiro desagradável*, o que significa que as duas variam na mesma direção. Assim, se *Concentração de poluentes* aumenta, *Cheiro desagradável* também aumentará, inclusive com os mesmos valores qualitativos de magnitude e derivada, pois estão conectadas pela correspondência (Q). A correspondência Q implica que os valores mudarão simultaneamente. Assim, as quantidades *Concentração de poluentes* e *Cheiro desagradável* iniciam a trajetória no estado [1] com magnitude ‘Pequeno’ e crescendo. No estado [4] passam para a magnitude ‘Médio’, no estado [11] para ‘Grande’, e assim permanece até se estabilizar no estado [12].

As quantidades *Cheiro desagradável* e *Número de pessoas* variam em direção oposta, pois estão ligadas pela proporcionalidade qualitativa P-. Além disso, as referidas quantidades também variam simultaneamente com os valores inversos, pois estão conectadas pela correspondência inversa(Q↓). Por exemplo, no estado [1] a quantidade *Cheiro desagradável* está ‘Pequeno’ e crescendo. Assim, a quantidade *Número de pessoas* está ‘Grande’ e decrescendo. *Vegetação* está com a magnitude ‘Grande’ e derivada decrescendo. No estado [5], a quantidade *Cheiro desagradável* está ‘Grande’ e crescendo, e a quantidade *Número de pessoas* está ‘Pequeno’ e diminuindo.

No ambiente identificado por LS5 (*Conditional Knowledge Model* [Modelo com Conhecimento Condicional]), é possível estabelecer condições para que outros fenômenos aconteçam ou deixem de acontecer. Por exemplo, suponhamos que certa substância tóxica só afete os peixes de um Lago a partir de uma certa concentração. Diferentemente de todos os níveis anteriores (LS1-LS4), nos quais a modelagem e as simulações se resolvem em uma única tela, a situação descrita exige a modificação do modelo, de modo a descrever duas situações, uma abaixo do limite (os peixes não morrem) e outra acima do limite (os peixes começam a morrer). Ou seja, para descrever essas duas situações são necessários conhecimentos condicionais, utilizando, assim, outra tela de *DynaLearn*.

Finalmente, o LS6 (*Generic and Reusable Model* [Modelo genérico e reutilizável]) é o nível mais complexo de modelagem em *DynaLearn*. Além de conter todos os elementos de modelagem presentes nos níveis anteriores, a principal diferença é o fato de que, em LS6, ao invés de construir todo o modelo em uma única tela, são construídas partes independentes do modelo, conhecidas como Fragmentos de Modelo

(FMs), e também Cenários iniciais para a realização, nos quais são mostradas a estrutura do sistema modelado, as quantidades mais importantes para a simulação específica, e valores iniciais.

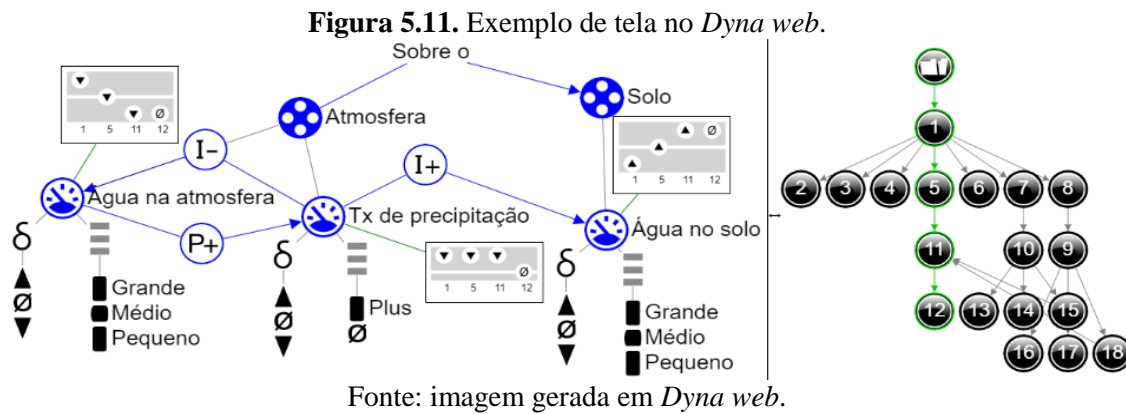
### 5.3 *DynaLearn* físico versus *Dyna web*

As duas versões de *DynaLearn* possuem características de uso similares, no que se refere ao manuseio do programa. A principal diferença é que o *DynaLearn* físico precisa ser instalado nos computadores para executar as funcionalidades citadas em Bredeweg *et. al.*, (2013), a partir do próprio aplicativo do *software*. E, dependendo do sistema operacional, o programa não funciona [por exemplo, com o *Linux*]. A grande vantagem dessa versão é que o acesso à plataforma de modelagem não fica limitado à disponibilização de *internet*. Além disso, a versão física é mais completa, constituída pelos seis níveis de complexidade de *DynaLearn*.

O *Dyna web* não tem a necessidade de ser instalado nos computadores. Todo acesso a bancada de modelagem é realizado via *internet*. O *Dyna web* já possui uma versão mais atualizada de *DynaLearn*, com personalização da tela de construção de modelos, inclusive em Português, além de facilitar o compartilhamento e a colaboração entre os usuários.

Cada usuário possui um *login* e senha para acesso a bancada de modelagem. Em qualquer máquina a plataforma poderá ser explorada em todas as suas funcionalidades, por exemplo: o uso de ícones para a construção de modelos, escolha dos níveis de modelagens, níveis de simulação e o acesso à biblioteca de modelos salvos. Inclusive, outra grande vantagem desse sistema é o fato de que o *backup* ocorre de forma automática, já que tudo é armazenado na nuvem. Com isso, não há risco de perder os modelos por uma queda na energia ou problemas com o computador.

Em relação ao próprio *software*, *Dyna web* permite que o modelador visualize, o cenário, o Grafo de estados e o Diagrama da história de Valores em uma única tela. Isso, de certo modo, facilita a análise do modelador, uma vez que é possível alterar as trajetórias em um Grafo de estados, e já visualizar o resultado da história dos valores instantaneamente, como mostra a Figura abaixo:



No entanto, modelos maiores e mais complexos, com grandes números de estados e trajetórias, dificultam a visualização dos resultados da simulação em uma única tela. Além disso, só é possível construir modelos no *Dyna web* até o LS4. Então, para modelos maiores e mais complexos, o mais indicado seria o *DynaLearn* físico, uma vez que este possibilita o uso de outros espaços de aprendizagem [LS5 e LS6], a construção de biblioteca de Fragmentos de modelo e diferentes cenários [em LS6].

## **6 PERCURSO METODOLÓGICO**

Nesta seção apontaremos o percurso metodológico da pesquisa de doutorado. Dividimos este capítulo nas seguintes subseções: o percurso metodológico da investigação, com referência na pesquisa Qualitativa e Quantitativa; os caminhos escolhidos para a realização deste trabalho; Pesquisa Participante; e os Instrumentos de coleta de dados (Questionários, Entrevistas, Grupos de Discussão, Avaliações de Pré e Pós-testes), Contexto da escola.

### **6.1 Pesquisa Qualitativa e Pesquisa Quantitativa na Educação**

No universo da pesquisa científica, é comum questionarmos a respeito da natureza da investigação, qualitativa e/ou quantitativa, tendo como grande preocupação qual destes métodos empregar. Dessa forma, entendemos que a resposta a esse questionamento é inerente ao que se deseja analisar. No caso deste trabalho, que em sua parte metodológica teve por objetivo investigar o uso de modelos qualitativos de simulação na Educação, como possibilidade para potencializar o ensino de Ciências, acreditamos que a verificação dos nossos objetivos de pesquisa, especialmente pela complexidade original desta tese, faz-se necessário articular, neste texto, métodos de pesquisa tanto qualitativos quanto quantitativos. Gatti (2004) aponta que a combinação dessas duas possibilidades de pesquisa sustenta a análise de dados e favorece a comprovação dos resultados encontrados.

A pesquisa possui a natureza qualitativa porque, segundo Gatti e André (2010), contribui para a investigação das compreensões que envolvem sujeitos em formação, a partir dos aspectos de interação do ser humano, das dimensões coletivas ou pessoais. Para realizar a pesquisa qualitativa, apropriamo-nos da pesquisa participante (apresentada na seção seguinte), pela imersão ativa do pesquisador no ambiente a ser investigado.

Este trabalho também terá uma abordagem quantitativa. Gatti (2004) aponta que, embora sejam poucas as pesquisas educacionais no Brasil que empregam metodologias quantitativas, essas são muito úteis na verificação de hipóteses de pesquisas na área de Educação. A pesquisa quantitativa inclui procedimentos experimentais com instrumentos de coleta de dados quantitativos, como questionários e atividades de Pré-teste e Pós-teste. Os dados quantitativos permitem ainda maior consistência às conclusões do trabalho científico que comprovem a produção de conclusões não triviais.



## 6.2 Pesquisa Participante

A pesquisa participante existe hoje em diferentes situações em que o pesquisador seja (ou se torne) integrante ativo/participativo de algum grupo (BRANDÃO; STRECK, 2006). Nessa proposta, os sujeitos são estimulados a participar da pesquisa como protagonistas, como agentes ativos, refletindo e propondo ações na realidade social.

Nesse sentido, a pesquisa participante surge numa perspectiva contrária às tradicionais práticas de pesquisa, nas quais predomina uma relação distante entre o pesquisador e o(s) participante(s) (FELCHER; FERREIRA; FORMER, 2017).

A pesquisa participante aproxima o pesquisador do fenômeno a ser investigado e, a partir de tal estratégia, possibilita chegar à produção de conhecimentos acerca deste. Além disso, prevê uma aproximação horizontal (com tendência à ausência de hierarquização<sup>9</sup>) entre pesquisadores e participantes (estudantes e professor, autor desta tese) da investigação (FAERMAM, 2014).

Para alguns autores, como Gil (2012), Thiollent (2011), a pesquisa participante se aproxima da pesquisa-ação, inclusive com características em comum, por exemplo:

- ✓ São tipos de pesquisa que estão sendo propostas com o objetivo de obter resultados socialmente mais relevantes;
- ✓ Tem forte envolvimento do pesquisador e demais participantes;
- ✓ A interação entre os envolvidos da pesquisa não se dá apenas como observação, por parte do pesquisador, e observado, pelos participantes.

Por outro lado, notadamente característica da pesquisa participante, Le Boterf (2005) afirma que a população envolvida também colabora em identificar situações-problemas, analisá-los e propor soluções adequadas. E é nesse sentido que optamos pela pesquisa participante neste trabalho. Em conjunto com os participantes, buscamos identificar problemas locais vivenciados pelos estudantes, e que poderiam ser estudados por meio de modelos qualitativos. Com efeito, problemas relacionados ao desmatamento, inundações, recursos hídricos, abastecimento de água, dentre outros,

---

<sup>9</sup> Utilizamos a expressão “tendência de ausência de hierarquização”, pois acreditamos que a relação aluno-professor pode até apresentar a tendência da não existência de uma hierarquia. Entretanto, o docente tem a autonomia para gerenciar as atividades escolares e fazer as proposições que, aos olhos dele, são de importância para o processo educativo. Por mais que o pesquisador seja adepto à horizontalização, característica da pesquisa participante, na investigação em ensino/educação, tem, muitas vezes, a escola e/ou a sala de aula como possíveis ambientes de coletas de dados e, nesses espaços, o professor é ainda quem direciona, por conta da autonomia da profissão, as ações didáticas.

foram explorados por meio de modelos qualitativos de simulação. É importante, portanto, salientar que os participantes da pesquisa não tiveram as suas funções resumidas em uma ou outra tarefa, pois o objetivo era que todos os estudantes participassem, desde as ideias iniciais sobre possíveis problemas vivenciados na cidade ou na região, até propostas para soluções de problemas e análise de resultados.

Oliveira *et. al.* (2014) ainda apontam que os objetivos da pesquisa precisam ser (re)pensados a todo momento, durante a intervenção. Assim como, adaptações no contexto da pesquisa é fundamental para tenha adesão, continuidade e parcerias com os participantes no trabalho de investigação. Considerando a particularidade de cada pesquisa, apresentamos, na próxima seção, as etapas executadas da nossa Pesquisa Participante, composta por quatro etapas que se aproximam das proposições teórico-metodológicas de Gil (2012), nas quais inspiramos para este trabalho.

### **6.3 Trajetória da Pesquisa**

Na primeira etapa, construímos uma proposta de projeto de pesquisa para apresentar a comunidade escolar. Primeiro, reunimos com a direção da escola e coordenadores, relacionados ao ensino da instituição, para discutirmos o possível trabalho de campo. Neste momento os coordenadores expuseram o contexto de atividades de cada turma do Ensino Médio, mostrando a carga horária, disponibilidade dos estudantes e o andamento de outros projetos já existentes na instituição. Decidimos em conjunto com a gestão da escola, desenvolver a intervenção com as primeiras séries do Ensino Médio. A participação no projeto aconteceu por adesão, no contra turno de grande parte das atividades regulares da escola.

Reunimos com os professores da escola, de todas as áreas, para apresentar e discutir a proposta de trabalho e o viés pedagógico da intervenção. Fizemos adequações em nosso plano de trabalho, especialmente por conta de temas que os professores trabalham nas turmas envolvidas na pesquisa. Em seguida, como a proposta foi bem recebida pelo corpo docente da instituição, apresentamos aos estudantes uma proposta de trabalho e adaptamos o nosso projeto com adequações necessárias pelo contexto que os estudantes estão inseridos (por exemplo, adequações aos temas de trabalho, de acordo com os conteúdos escolares desenvolvidos no semestre da intervenção).

Na segunda etapa, tivemos a imersão do pesquisador no contexto onde a pesquisa foi desenvolvida. Além disso, buscamos nos apropriar de informações/experiências dos estudantes com recursos tecnológicos. Como o autor

deste trabalho é professor da instituição, a imersão *in loco* aconteceu sem dificuldades. De qualquer forma, buscamos realizar observações com olhar de pesquisador, valorizando a convivência, o diálogo, percebendo as dificuldades que geravam (ou poderiam gerar) alterações em nosso programa de trabalho.

Na terceira etapa, trabalhamos na identificação e análise de possíveis problemas, geralmente conhecidos por parte dos estudantes, e que poderiam ser trazidos para os encontros, com o objetivo de criarmos modelos em diferentes níveis de aprendizagens, a partir da construção, adaptação, reprodução e transposição de modelos verbais para modelos qualitativos. Diferentes situações-problema foram trazidas para a sala de aula a partir de circunstâncias conhecidas pelos estudantes, problemas locais ou até fenômenos naturais de repercussão em diferentes regiões do mundo, por exemplo, o efeito de tempestades no ambiente urbano e rural. Para isso, utilizamos diagramas, livros didáticos, vídeos e noticiários para fundamentar a elaboração dos modelos. Foi nessa etapa que contemplamos a construção dos modelos qualitativos em *DynaLearn*, assim como os conceitos da SD.

Nas atividades os estudantes foram inseridos de forma ativa no processo de aprendizagem, com o intuito de ampliar e desenvolver a visão mais sistêmica de mundo, Iniciamos a construção dos modelos mais simples, com os mapas conceituais. A partir disso foram construídos modelos gradativamente mais complexos (*LS2*, *LS3*), até chegarmos a conceitos mais específicos da Dinâmica de Sistemas, como a noção de processos, mecanismos de retroalimentação. Para enriquecer as nossas estratégias de intervenção, nos baseamos em algumas experiências de modelagem já realizadas e sintetizadas no *Deliverable D6.5* (SALLES *et. al.*, 2012b) e *Deliverable D7.5* (MIODUSER *et. al.*, 2012), e dos referenciais aqui adotados [por exemplo, Richmond (1993), Forrester (2009), Borkulo (2009) e Bredeweg *et. al.*, (2013)].

Os modelos foram avaliados por especialistas (Professores das áreas de Ciências Naturais do Instituto Federal Goiano), seguindo a metodologia descrita em Rykiel (1996). A validação dos modelos consistiu em duas etapas: avaliação conceitual e operacional (RYKIEL, 1996)<sup>10</sup>. A validação conceitual diz respeito à avaliação das explicações científicas geradas no modelo e às relações de causalidade envolvidas. O modelo é considerado válido, conceitualmente, quando é possível demonstrar que as

---

<sup>10</sup> Rykiel também menciona a validação de dados. No entanto, como trabalhamos com modelos qualitativos, os quais não demandam de dados numéricos, não utilizamos a etapa referente a validação de dados.

teorias e os pressupostos representados no modelo estão corretos ou são ao menos justificáveis. A validação operacional relaciona-se à representação coerente dos conceitos e do comportamento das quantidades; aos resultados do modelo causal; à capacidade exploratória do modelo em diferentes cenários; e, ainda, à representação da estrutura do sistema representado (RYKIEL, 1996).

Essas duas etapas de validação foram seguidas a partir de técnicas de avaliação preditivas e exploratórias (RYKIEL, 1996). A técnica preditiva possibilita verificar se as previsões do modelo coincidem com o comportamento observado no mundo real. A técnica exploratória possibilita verificar a coerência das cadeias de causalidade, do vocabulário utilizado, e das explicações geradas pelo comportamento das simulações do modelo.

Na quarta etapa, evidenciamos as soluções para os problemas identificados e apresentamos os resultados à comunidade escolar, na forma de modelos qualitativos. Fizemos grupos de 3-4 estudantes, e cada grupo ficou responsável por apresentar dois problemas investigados no curso, com as possíveis soluções, por meio de resultados dos modelos. Fizemos uma exposição com cartazes elaborados pelos grupos, e toda a comunidade escolar (professores, técnicos administrativos e terceirizados) pôde apreciar o desenvolvimento dos estudantes. Além disso, foi selecionado um professor de cada área (Ciências exatas, Ciências humanas e Ciências da terra) para avaliar o desempenho dos estudantes ao explorarem e dialogarem sobre os problemas e resultados apresentados. Faz-se importante ressaltar que essa avaliação e todas as outras realizadas durante o curso não tiveram notas incluídas nas avaliações feitas no ensino regular.

## **6.4 Instrumentos adotados**

Para a coleta de dados, nos apropriamos dos seguintes instrumentos: questionários, entrevistas e Grupos de Discussão, as quais tiveram análises qualitativas; e avaliações do tipo *Pré* e *Pós-testes*, com análise quantitativa, a partir de tratamento estatístico. A seguir, apresentaremos as técnicas dos instrumentos utilizados.

### **6.4.1 Questionários**

O questionário é uma técnica de coleta de dados que se objetiva em buscar informações sobre as concepções, interesses, expectativas, situações vivenciadas, dentre outros aspectos, de participantes de pesquisas. Diante disso, em questões de cunho

empírico, o questionário é um poderoso instrumento para tabular informações e fazer estudos analíticos sobre o que deseja investigar (GIL, 2012).

Para garantir o rigor exigido na pesquisa acadêmica, e aumentar a confiabilidade dos dados coletados por meio dos questionários, superando os pontos negativos que Gil (2012) apresenta, buscamos nos atentar na elaboração das questões, com clareza e objetividade em cada sentença. Além disso, nos atentamos também para que no momento que os participantes entregavam os questionários, pudéssemos ter verificações em toda a avaliação a fim de garantir que os participantes preenchessem o questionário.

Além disso, na construção dos questionários, buscamos seguir as etapas propostas por Aaker *et. al.* (2001), como: a) planejar o que será mensurado, determinando o que será perguntado; b) dar forma ao questionário, o que inclui o formato das questões; c) avaliar o texto das perguntas; d) reestruturar o sequenciamento das questões; e) corrigir os possíveis erros no questionário.

Faz-se ainda necessário pontuar que, segundo Marconi e Lakatos (1999), o pesquisador deve deixar claro aos participantes, a natureza da pesquisa, sua importância e a necessidade de obter respostas, motivando-os a preencher com seriedade o questionário.

Outro ponto sobre o referido instrumento, se refere a formulação das questões. Gil (2012) destaca que as perguntas devem ser formuladas de maneira clara, concreta e precisa. Também deve possibilitar uma única interpretação, com uma ideia de cada vez; e, ainda, não deve sugerir respostas.

Nos questionários elaborados, utilizamos questões abertas e fechadas. As perguntas abertas nos permitem criar questões em que os participantes tenham liberdade de respostas, inclusive com linguagem própria do participante. Já as questões fechadas oferecem alternativas específicas para que o participante escolha uma delas. Têm como aspecto negativo, a limitação das possibilidades de respostas, restringindo, pois, as possibilidades de manifestação dos participantes. Mas acreditamos que o conjunto de diversificação de questões amplia e enriquece o instrumento, por isso buscamos articular, em um mesmo instrumento, questões de natureza distintas.

Outro aspecto que ficamos atentos foi em relação ao número de questões e ao tempo disponibilizado para que essa atividade fosse realizada em período suficiente para os participantes. Elaboramos as questões com número de itens que abrangem os tópicos necessários, assim como pensamos no tempo disponibilizado para responder a avaliação.

Com a preocupação de apresentar bons instrumentos, construímos dois questionários e aplicamos em dois momentos distintos: o primeiro, no início do curso, composto por questões que possibilitem conhecer o perfil dos estudantes (Apêndice B), com questões abertas e fechadas, com duas ou três opções; o segundo, disponível no (Apêndice C), aplicado ao final do curso, também com questões fechadas e abertas. Estas últimas discorreram sobre alguns dos conteúdos específicos mais importantes trabalhados durante o curso, bem como a experiência dos participantes em modelarem em plataformas diferentes (*DynaLearn* físico e o *Dyna web*). As questões fechadas foram baseadas na escala Likert, um tipo de escala com respostas psicométricas que mensuram o nível de concordância com uma afirmação (LIKERT, 1932; PASQUALI, 1999, 2013). Em nosso caso, o intuito foi analisar o grau de concordância, dificuldades e satisfação com as estratégias utilizadas, baseado em RQ.

Alguns autores, como Coelho e Esteves (2007) argumentam que a escala do tipo Likert com mais de cinco pontos podem trazer mais confiabilidade, desde que os participantes tenham mais experiências com este tipo de questionário. No entanto, outras pesquisas mostram que conforme aumenta o número de pontos na escala, aumenta também a complexidade de escolha dos participantes e, por conseguinte, a discriminação dos itens, não garantindo maior confiabilidade (OASTER, 1989; CAMPPELL, 1998; DALMORO; VIEIRA, 2014).

Outro ponto se refere a necessidade do ponto neutro na escala. Collings (2006) destaca a utilização da categoria central (ponto neutro). Esta opção contribui para que os participantes se sintam mais confortáveis em responder o questionário, caso não tenha uma opinião e/ou experiência no item questionado.

E, seguindo as bases teóricas propostas por Likert (1932), e os estudos mais atuais sobre esta escala, optamos por estabelecer nas seções baseadas na escala Likert o padrão de cinco categorias, com um ponto neutro em cada item.

#### **6.4.2 Entrevistas**

Entrevistas são importantes instrumentos quando se deseja coletar informações, concepções, crenças e sistemas classificatórios de universos específicos, a partir de interações estabelecidas para a comunicação (ALVES; SILVA, 1992; MIGUEL, 2010; BATISTA; MATOS; NASCIMENTO, 2017). Nesse caso, se as entrevistas forem bem elaboradas e aplicadas, elas contribuem com o pesquisador para mergulhar em profundidade, confrontar resultados, descrever e compreender a lógica que preside as

relações que se estabelece no interior daquele grupo, o que, em geral, é mais difícil obter com outros instrumentos de coleta de dados (ALVES; SILVA, 1992).

Gil (2012) argumenta que construir e aplicar entrevistas, sobretudo de natureza semiestruturada, adotadas neste trabalho, não é tarefa simples, inclusive, exige técnicas e planejamento. O pesquisador precisa criar as situações de contato, ao mesmo tempo formais e informais, de forma a provocar um discurso livre, mas que atenda aos objetivos da investigação e que seja relevante no contexto investigado (ALVES; SILVA, 1992).

Seguindo as orientações demonstradas na literatura (ALVES; SILVA, 1992; DUARTE, 2004; MIGUEL, 2010; GIL, 2012; BATISTA; MATOS; NASCIMENTO, 2017), preparamos e planejamos os roteiros das entrevistas (Apêndice D), de natureza semiestruturadas, de forma que abrangêssemos os objetivos relacionados à modelagem, apresentados neste texto. Além disso, também tivemos o cuidado de realizar ensaios prévios antes da execução das entrevistas.

Todas as entrevistas foram gravadas em áudio e transcritas para análise. É fato que essa análise também é tarefa complicada, posto que exija muita atenção com a interpretação, à construção de categorias e, não menos importante, como Duarte (2004, p. 216) menciona, "uma tendência bastante comum entre pesquisadores de debruçar-se sobre o material empírico procurando 'extrair' dali elementos que confirmem suas hipóteses de trabalho e/ou os pressupostos de suas teorias de referência". Com efeito, precisamos nos atentar à interferência de nossa subjetividade, para que não tenha expressões faciais, corporais, alteração de tons da voz, de forma que o pesquisador seja o mais imparcial possível, durante esses momentos.

É importante ressaltar que em nossas entrevistas, foram produzidas grande quantidade de informações, mas que não foram tomadas como um todo, embora todas as entrevistas transcritas estão presentes no Apêndice F, deste trabalho. Do conjunto do material que coletamos, pelos nossos informantes, focamos naquilo que está diretamente relacionado aos objetivos da nossa pesquisa, utilizando extratos das falas em nossas análises. Muito do que nos foi dito é profundamente subjetivo, pois trata-se do modo como o estudante observou, vivenciou e analisou os materiais baseados na MQ utilizados na intervenção. Assim, acreditamos que de fato a apropriação de depoimentos como fonte de investigação, implica em analisar aquilo que é subjetivo e pessoal, mas que nos permite pensar a dimensão coletiva e ampla de nosso trabalho, isto é,

compreender a lógica das relações com os materiais que se estabeleceram no interior dos grupos participantes da pesquisa.

Conforme mostram Batista, Matos e Nascimento (2017) a entrevista é, geralmente, mais utilizada em pesquisas qualitativas. Porém, é uma metodologia que pode ser amplamente aplicada junto a pesquisas quantitativas, dependendo do foco do pesquisador e o tipo de análise de dados (BATISTA; MATOS; NASCIMENTO, 2017). Então, para aumentar a confiabilidade dos nossos dados das entrevistas, além de se atentar a todos os pontos aqui mencionados, também nos apropriamos de dados dos outros instrumentos utilizados, os quais serviram de base para triangular os resultados e sustentar as considerações desta tese.

Então a escolha da entrevista sendo um dos instrumentos de coleta de dados, se justifica por ser um instrumento que é possível respeitar a experiência subjetiva do participante, deixando que a conversa seja da forma mais natural possível, trazendo mais flexibilidade para aprofundar nas informações apresentadas.

Conforme menciona Duarte (2004), uma limitação da entrevista é que sujeito participante pode ficar intimidado de se expressar como ele gostaria, para o pesquisador. Assim, nos apropriamos também de outro recurso para a coleta de dados, o qual os estudantes poderiam se expressar coletivamente, entre os seus grupos, deixando-os mais a vontade para expor suas concepções sobre a intervenção realizada. Para isso utilizamos também dois Grupos de Discussão (GD). Dessa forma, temos condições de confrontar os resultados coletados, tanto nas entrevistas como nos GD para as nossas análises. Então, para garantir a confiabilidade, os mesmos estudantes que participaram das entrevistas, foram aqueles selecionados para os GD, a qual apresentaremos na subseção posterior.

### **6.4.3 Grupos de Discussão**

Há controversas em relação à origem dos GDs. No entanto, é comum entre os autores que os GDs passaram a ser utilizados, inicialmente, em pesquisas de caráter sociais. Somente ao final dos anos 70, esse procedimento começou a ser utilizado com intencionalidade teórico-metodológica, deixando então de ser apenas uma técnica, se tornando um método de pesquisa (WELLER; PLAFF, 2010).

Os GDs como aporte metodológico foi possível porque os processos interativos, discursivos e coletivos que formam as concepções dos sujeitos participantes de uma pesquisa, podem ser metodologicamente analisados à luz de pressupostos teóricos.



Desde então, os GDs também tem sido aplicado em pesquisas educacionais com jovens e adultos de distintas gerações (WELLER, 2006; WELLER; PLAFF, 2010).

Neste trabalho os GDs contribuíram sobremaneira para dar espaços ao diálogo coletivo, possibilitando que estudantes envolvidos na pesquisa possam verbalizar as suas experiências e, ao mesmo tempo, refletir sobre os trabalhos concretizados. Weller e Plaff (2010) mostram que isso traz uma característica singular do GD, já que os participantes geralmente podem ficar mais livres ao se expressarem, propiciando um diálogo que reflete melhor a realidade. Ao contrário das entrevistas, as quais os participantes podem deixar os participantes mais intimidados ao colocar suas ideias ao pesquisador.

Então, por meio dos GDs, é possível captar informações que não seriam disponibilizadas por meio de entrevistas, questionários ou avaliações formais. Além disso, Weller e Plaff (2010) ainda pontuam que os GDs também possibilitam o aprofundamento e até a reconstrução de concepções desenvolvidas durante as experiências vivenciadas. Isso porque estabelece um processo formativo de aprendizagem.

O instrumento de avaliação utilizado no GD, como mostra a literatura (WELLER, 2006; WELLER; PLAFF, 2010; SILVESTRE; MARTINS; LOPES, 2018), é conhecido como Tópico-guia (Apêndice E). Neste, o pesquisador estabelece questões norteadoras do GD. Em nosso caso, o tópico-guia abordou questões gerais sobre as atividades de modelagem, além de explorar também conceitos mais complexos da dinâmica de sistemas, de tal forma que tivéssemos elementos para evidenciar a visão de mundo dos estudantes sobre processos naturais presentes em nosso dia a dia.

Bohnsack e Nohl (2003) também apresentam fatores que, adicionados às sugestões de Meinerz (2011), nos auxiliaram na condução dos GDs: a) estabelecer um contato recíproco com os participantes e proporcionar uma base de confiança mútua, em contraposição ao medo, ao certo e ao errado; b) fazer as questões ao grupo, como um todo, e não a um participante específico; c) partir sempre de uma pergunta mais ampla, que estimule a participação e a interação dos integrantes; d) dar autonomia aos participantes para que eles se organizem em relação à ordenação das falas; e) apresentar questões que gerem narrativas, concepções e reflexões sobre as experiências/ações desenvolvidas; f) intervir quando perceber que é necessária, inclusive incentivando todos os participantes a fala, desde as questões mais gerais, até aquelas mais complexas.

Por isso, grande parte do GD foi transcrito, pois várias falas dos estudantes contêm informações que sustentam as nossas análises. As transcrições encontram-se nos Apêndices G, deste trabalho.

Para o processo de análise dos GDs, também optamos por nos orientar por dois momentos apontados por Weller (2006): interpretação formulada e interpretação refletida. No primeiro caso, buscamos identificar as ideias mais gerais dos participantes. Aqui, ainda não são realizadas comparações e tampouco utilizado o conhecimento que possivelmente foi reconstruído pelo grupo. Na interpretação refletida, realizamos interpretações, inclusive recorrendo ao conhecimento teórico e empírico adquirido ao longo do trabalho de intervenção.

No viés deste trabalho, a interpretação refletida seria o processo de explicação dos modelos, processos envolvidos, experiências de trabalho com as atividades de modelagem e exposição sobre conceitos de sistemas mais complexos presente na natureza, por exemplo, as retroalimentações. Pela complexidade deste assunto, optamos por avaliar este conceito por meio das entrevistas e Grupos de Discussão, uma vez que nesses métodos os estudantes podem se expressar mais abertamente sobre o referido assunto.

Weller (2006) também pontua que é importante verificar as orientações comuns mediante a comparação com outros instrumentos. Nesse sentido, fizemos dois GDs (turmas A e turma B), e comparamos os resultados com aqueles encontrados a partir das entrevistas, uma vez que os mesmos estudantes que participaram dos GDs, também participaram das entrevistas.

#### **6.4.4 Avaliações com Pré-testes e Pós-testes**

As avaliações com Pré-testes e Pós-testes geralmente são utilizadas para mensurar o conhecimento adquirido durante alguma formação (RIJO, 2008). Cohen, Manion e Morrison (2011) discutem que esses testes representam um confiável método para coleta de dados em pesquisas experimentais, e que também tem contribuído na área Educacional, seja em trabalhos com professores ou com estudantes.

Avaliações com pré e pós-testes são desenvolvidas a partir de um conjunto de questões feitas aos participantes, antes do início da formação (ou antes, de um determinado tratamento experimental), e após a formação. A comparação entre o Pré e o Pós-teste possibilita determinar o nível de conhecimento sobre o conteúdo ensinado, uma vez que ao final da formação, os participantes respondem a um pós-teste. Gil

(2012) mostra que as questões, tanto no pré quanto no pós-teste, devem ter o mesmo nível de dificuldade.

Gil (2012) destaca que para os testes serem válidos e confiáveis, as perguntas devem ser claras e bem escritas. Algumas sugestões importantes para as avaliações de pré e pós são destacadas por Rijo (2008): a) as questões devem ser diretamente relacionadas com os objetivos principais da formação; b) incluir perguntas que tenham respostas claras, abordadas durante a formação; c) desenvolver uma avaliação que demore entre 10 e 25 minutos para ser respondida.

Além dessas, Cohen, Manion e Morrison (2011) destacam que os pré-testes e os pós-testes devem avaliar o mesmo conteúdo, embora as perguntas devam ser diferentes. Na prática, são formas equivalentes para perguntar sobre o mesmo conteúdo. Além disso, o pesquisador deve-se atentar quanto ao desenvolvimento dos testes, garantindo que o pré e o pós tenham o mesmo nível de dificuldade.

Seguindo, então, os pressupostos de Rijo (2008), Cohen, Manion e Morrison (2011) e Gil (2012), elaboramos oito avaliações, sendo quatro Pré-testes e quatro Pós-testes, as quais se encontram no Apêndice H deste texto. As questões dos testes aplicados abrangem-se a capacidade dos estudantes em identificar a estrutura de sistemas, realizar previsão e explicação do comportamento de sistemas, fazer previsões de resultados com efeitos causados por processos antagônicos, e, ainda, construir modelos, desde os mais simples, aos mais complexos. A partir dessas questões foi possível analisar se as atividades realizadas em sala de aula, assim como as práticas de construção e manipulação de modelos qualitativos, foram significativas para a compreensão dos estudantes sobre a estrutura e o funcionamento de sistemas. O tratamento e a análise estatística dos resultados encontrados com as avaliações de Pré e Pós-testes, foi realizado a partir do teste, não paramétrico, de Wilcoxon pareado (CALLEGARI-JAQUES, 2003).

## **6.5 Breve contexto da escola**

A escola em que desenvolvemos a pesquisa é uma instituição pública de Educação Básica, Técnica e Tecnológica localizada no sudeste goiano. Atualmente recebe estudantes desde a Educação Básica (Ensino Médio), até a Pós-Graduação. É uma instituição recente, e que iniciou as atividades acadêmicas ofertando cursos técnicos voltados para a área de Informática e Mineração, concomitante e subsequente ao Ensino Médio, em 2014. Em 2015, a escola começou a oferta de cursos, dos

mesmos cursos técnicos, mas integrados ao Ensino Médio. Ou seja, o estudante que já tinha concluído o Ensino Fundamental, poderia fazer um dos dois cursos técnicos, ao mesmo tempo que faria o Ensino Médio na instituição. Além desses cursos, possui também um Curso Superior na área de Ciências Naturais, e outro aprovado, de Sistemas de Informação, previsto para início em 2020/1. Ainda, a instituição oferta um curso de Pós-Graduação (*Lato Sensu*) em Ensino de Ciências e Matemática, e um curso técnico de Informática para *Internet*, na modalidade EaD.

Percebe-se, pelos cursos da instituição, que a atuação do campus acontece nas áreas de Ciências Naturais e da Terra e na área de Informática, o que foi perfeitamente adequado para a proposta da nossa intervenção, já que apropriamos de técnicas da IA para trabalhar problemas naturais, geralmente estudados em Ciências.

## 7 RESULTADOS DA PESQUISA

Neste capítulo, apresentamos, primeiro, os resultados referentes ao perfil dos estudantes, os quais foram fundamentais para adequações no projeto de intervenção. Depois, os resultados sobre a condução das ações de trabalho em relação à modelagem no processo educacional, incluindo alguns dos materiais elaborados e utilizados na execução da pesquisa na escola são apresentados. Em seguida, evidenciamos os resultados referentes aos questionários, seguido dos testes estatísticos, aplicados sobre pares de pré e pós-testes. Finalmente, os resultados obtidos com as entrevistas e Grupos de Discussão são apresentados.

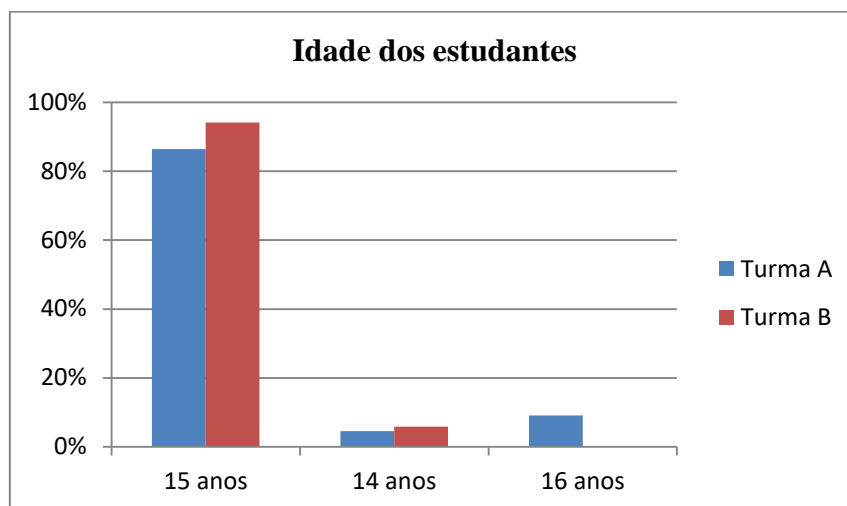
A instituição possui duas turmas de 1.<sup>a</sup> série do Ensino Médio (foco de nossa pesquisa). Ambas têm currículo do curso de Ensino Médio, sendo uma com formação técnica em Informática, e a outra, em Mineração. Em cada uma dessas turmas, no ensino regular, temos em torno de 33 estudantes frequentes, sendo que, destes, tivemos 25 participantes da Turma de informática (Turma A) e 23 da turma de Mineração (Turma B) que demonstraram interesse e iniciaram a participação na pesquisa. Desses, 22 da turma A (88%) e 17 da turma B (74%) concluíram o curso de modelagem oferecido.

O número de estudantes que finalizaram o curso é, de fato, um número satisfatório: por adesão (e sem ter créditos adicionados nas notas semestrais/anuais), mais de 50% dos estudantes das duas turmas participaram da proposta de intervenção durante todo o período. Isso porque, conforme mostrarão os nossos resultados (apresentados nas próximas seções deste capítulo), os estudantes são adeptos a propostas de trabalho inovadoras, nas quais eles são agentes ativos e protagonistas no processo de ensino-aprendizagem.

Na Turma A, 63,6% dos participantes que finalizaram o curso são do sexo masculino, e 36,4%, feminino. Na turma B, 29,4% são do sexo masculino, e 70,6%, feminino. A média de idade dos participantes, nas duas turmas, é de 15 anos<sup>11</sup>. A Figura abaixo mostra a idade dos estudantes em termos de porcentagem.

---

<sup>11</sup> Na turma A, dos 22 participantes apenas um tem 14 anos, e dois tem 16. Na turma B, dos 17 participantes, apenas um tem 14 anos.

**Figura 7.1.** Idade dos estudantes que participaram da intervenção.

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados deste trabalho foram oriundos de uma série de atividades planejadas, de modo que os estudantes tivessem, em toda a estrutura do curso, a construção de modelos em níveis crescentes de complexidade, ampliando sua visão sobre o comportamento de sistemas. Por meio das atividades, foram coletados dados utilizando-se técnicas de pesquisa qualitativa e quantitativa, uma vez que a combinação dessas duas técnicas ofereceu maior consistência às conclusões desta tese. Na Tabela abaixo identificamos o número de participantes (n) em cada um dos instrumentos de avaliação.

**Tabela 1.** Número de participantes (n) em cada instrumento de avaliação.

Questionário 1 (Perfil dos estudantes)		Questionário 2 (Avaliação final)		Avaliações de Pré e Pós-teste		Entrevistas <sup>12</sup>		Grupos de Discussão	
Turma A	Turma B	Turma A	Turma B	Turma A	Turma B	Turma A	Turma B	Turma A	Turma B
22	17	22	17	22	17	7	7	7	7

Fonte: elaborada pelo autor.

Para garantir o anonimato dos estudantes, utilizamos a seguinte expressão: E1A (Estudante 1 da Turma A),..., E22A (Estudante 22 da turma A); E1B (Estudante 1 da Turma B),... E17B (Estudante da Turma B).

<sup>12</sup> Faz-se necessário mencionar que os estudantes foram convidados, por adesão, a participarem das entrevistas. Isso dependeria, basicamente, da disponibilidade de horário dos estudantes e da disponibilidade para participar do Grupo de Discussão, ao final do curso. Os relatos realizados nas entrevistas (que aconteceram no meio do curso) e nos GDs (ao final do curso) nos possibilitaram realizar comparações desses resultados, oferecendo maior confiabilidade às nossas considerações geradas a partir desses instrumentos.

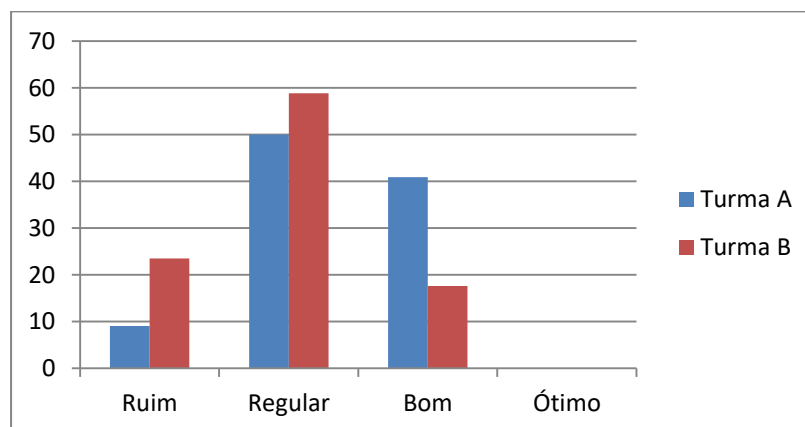
### 7.1 Perfil dos estudantes: caracterização importante para adaptações na intervenção

Com o Questionário 1 foi possível levantar informações iniciais sobre o perfil dos estudantes que participaram da pesquisa. Como adotamos a abordagem LbM, em que os estudantes constroem modelos, é necessário que eles tenham familiaridade, prática e disponibilidade em momentos extraclasse para a construção de modelos. Nesse sentido, disponibilizamos momentos na escola para que os participantes tivessem acesso aos computadores e à internet, principalmente para aqueles que não possuem estes recursos.

Na turma A, quatro estudantes (18,18%) não possuem computadores em casa; já na turma B, cinco (correspondente a 29,4%). Os estudantes que não possuem computadores em casa indicaram que, quando necessário, usam os da escola. Por outro lado, 100% dos estudantes, em ambas as turmas, possuem acesso à *internet*, tanto em casa, quanto na escola.

Na questão seis, ainda do Questionário 1, perguntamos sobre o conhecimento dos estudantes em informática. Isso foi importante para planejarmos a necessidade de ensinar funcionalidades básicas dos computadores, como salvar arquivos, criar pastas, abrir um novo documento, entre outras ações. Como categorias de respostas, oferecemos: ruim, regular, bom e ótimo. A Figura 7.2, apresentada abaixo, mostra os resultados nas turmas A e B, em percentagem:

**Gráfico 7.2.** Nível de conhecimento em informática dos participantes do curso.



Fonte: elaborado pelo autor.

Por meio do primeiro questionário foi possível perceber a heterogeneidade das turmas, assim como fazer adaptações em nosso planejamento inicial, por exemplo, disponibilizar períodos extras na escola para que os estudantes trabalhassem nos materiais e modelos, uma vez que alguns deles não possuem computadores em casa. Além disso, seria necessário investir um tempo (em nosso caso, destinamos as duas primeiras aulas) também para ensinar funcionalidades básicas de trabalho no computador.

## 7.2 Modelagem qualitativa na escola: como as aulas foram pensadas?

No intuito de promover ações em que os estudantes compreendam o comportamento de sistemas complexos, a partir de técnicas de simulação, na abordagem da *SD*, foi necessário implementar um curso amplo e completo de modelagem qualitativa, de 54h/aula. Isso porque, até então, os estudantes não tinham acesso à modelagem e, por conseguinte, todas as técnicas disponíveis de modelagem tiveram que ser ensinadas.

As aulas foram subdivididas da seguinte forma: 44 horas-aula regulares de modelagem, oito horas-aula de atendimento para auxílio nas tarefas e esclarecimento de dúvidas, e duas horas-aula destinadas à apresentação dos trabalhos para a comunidade escolar. A sequência de atividades buscou contribuir para a aquisição de conceitos científicos pelos estudantes, no desenvolvimento do raciocínio lógico, na compreensão de fenômenos gerados em sistemas dinâmicos, bem como no desenvolvimento de habilidades relacionadas ao Pensamento Sistêmico (RICHMOND, 1993), como mostra o Quadro 1.

**Quadro 1:** habilidades para pensar sistemicamente segundo Richmond (1993).

<b>Habilidade do Pensamento crítico</b>	<b>Principais noções</b>	<b>Verificação na intervenção</b>
Pensamento dinâmico	Previsão de comportamento. Isso colabora para pensar sobre a variação do sistema ao longo do tempo, ou seja, pensar em sistemas dinâmicos, em lugar da análise de eventos isolados.	Atividades de Pré e Pós-testes e Grupos de Discussão.
Pensamento em loops fechados	Enxergar o mundo como processos contínuos, interdependentes e circulares, por meio de mecanismos de retroalimentação.	Entrevistas, Grupos de Discussão, Questionário final.
Pensamento genérico	Nível crescente de trabalhos envolvendo estruturas genéricas a comportamentos mais complexos, uma vez que mecanismos geram efeitos	Atividades de Pré e Pós-testes.



	similares em diferentes sistemas.	
Pensamento estrutural	Coerência entre as unidades de medidas, diferenciando taxas e estoques.	Questionários e Grupos de Discussão.
Pensamento operacional	Intepretação de como os sistemas funcionam.	Atividades de Pré e Pós-testes, Grupos de Discussão.
Pensamento contínuo	Pensamento sobre aspectos contínuos dos sistemas, identificando gradientes de comportamentos e características.	Atividades de Pré e Pós-testes e Grupos de Discussão [com exemplificação do ciclo da água].
Pensamento científico	Teste de hipóteses.	Atividade de Pré e Pós-testes.

Fonte: elaborado pelo autor.

Além disso, as atividades foram relacionadas com habilidades que podem ser alcançadas, no âmbito educacional, pelas atividades de modelagem, como mostra o Quadro abaixo:

**Quadro 2.** Habilidades<sup>13</sup> observadas nas atividades de modelagem.

<b>Caracterização das Habilidades</b>	<b>Habilidades</b>	<b>Tipos de atividades contempladas</b>
Interpretar	H1 - Compreender a plurissignificação da linguagem.	- Tradução de modelos verbais para modelos qualitativos.
	H2 - Identificar informações centrais e periféricas, apresentadas em diferentes linguagens, e suas interrelações.	- Identificação de aspectos relevantes de sistemas descritos por meio de diagramas. - Representação de processos apresentados em reportagens, textos problematizadores de livros didáticos, jornais e no próprio contexto vivenciado pelos estudantes
	H3 - Inter-relacionar objetos de conhecimento nas diferentes áreas.	- Exploração de modelos mais complexos, por exemplo, o da Tempestade, que aborda conceitos da Química (processos do ciclo da água); da Geografia (Tempestade como produto do choque de massas de ar quente e fria); da Biologia (efeitos ambientais nas áreas urbana e rural); da Sociologia (impactos sociais causados pela Tempestade).
Planejar	H4 - Organizar estratégias de ação e selecionar métodos.	- Adaptação e ampliação de modelos qualitativos já elaborados por nós, e também modelos já divulgados em outras pesquisas.
	H5 - Selecionar modelos explicativos, formular hipóteses e prever resultados.	- Testes, previsões e explicações do comportamento de sistemas.
Executar	H6 - Elaborar textos coesos e coerentes, com progressão temática e estruturação compatíveis.	- Progressão dos modelos elaborados, desde LS1 até LS2, nos quais aumentavam os componentes de modelagem (e, portanto, os assuntos incluídos nos modelos). - Elaboração de textos nos cartazes para exposição a comunidade escolar.
	H7 - Aplicar métodos adequados para análise e resolução de problemas.	- Selecionar estratégias para solução de problemas na própria atividade de modelar e nos assuntos representados nos modelos.
	H8 - Formular e articular	- Apresentações feitas em salas e para a comunidade

<sup>13</sup> Quadro de referência das habilidades e competências definidas pelo Programa de Avaliação Seriada (PAS) da Universidade de Brasília (UnB).

	argumentos adequadamente.	escolar. - Evoluir na modelagem das mudanças de estado da água, por meio de modelos que incluíam a energia.
	H9 – Fazer inferências (indutivas, dedutivas e analógicas).	- Previsões utilizando sentenças do tipo “Se... Então”, e explicações utilizando “... Porque...”.
Criticar	H10 – Analisar criticamente a solução encontrada para uma situação-problema.	- Análise de simulações para modelos que oferecem soluções diferentes (possível por meio das desigualdades representadas nas taxas).
	H11 – Confrontar possíveis soluções para uma situação-problema.	- Analisar diferentes soluções para a resolução de problemas, por exemplo, na despoluição de um lago (investimento ou sensibilização ambiental?).
	H12 – Julgar a pertinência de opções técnicas, sociais éticas e políticas na tomada de decisões.	- Análise de simulações para decisões técnicas e tomada de decisões (por exemplo, o vídeo problematizador para fundamentar o modelo “Tempestade” evidenciou países desenvolvidos em que os efeitos das tempestades são minimizados por políticas públicas mais eficientes).

Fonte: elaborado pelo autor.

É importante ressaltar que as aulas tiveram como foco a abordagem LbM. Com isso, desde o primeiro encontro, os estudantes já iniciaram a exploração da plataforma *DynaLearn*, assim como a construção de modelos simples, por exemplo, em LS1.

### 7.3 Estrutura de curso com base nas ferramentas de *DynaLearn*

Conforme mostrado, *DynaLearn* tem diferentes níveis de aprendizagem e possibilita ao estudante acesso aos conceitos fundamentais para a compreensão de como modelar os sistemas de interesse. Assim, estruturamos o curso em seis unidades<sup>14</sup>, de modo que, em cada aula, fossem acrescentados novos elementos de *DynaLearn*.

A cada unidade destinamos certa quantidade de aulas, dependendo do grau de complexidade dos conceitos a serem estudados. O Quadro abaixo sintetiza os conceitos trabalhados da modelagem qualitativa:

**Quadro 3.** Conceitos explorados e número de aulas em cada unidade do curso.

Unidade	Conceitos explorados	N.º de aulas <sup>15</sup>
Unidade 1: Apresentação da modelagem qualitativa e introdução ao <i>DynaLearn</i> .	Visão geral do <i>DynaLearn</i> físico e do <i>Dyna web</i> . Funcionalidades básicas da plataforma e de informática.	2
Unidade 2: Sistemas e	Introdução ao estudo de sistemas (Ambiente do	

<sup>14</sup> Os planos de Unidades, com os objetivos, duração, atividades, materiais e avaliações utilizados se encontram no Apêndice I.

<sup>15</sup> Além das 44 horas-aula apresentadas neste Quadro, tivemos também 8 horas-aula de atendimento aos estudantes e 2 horas-aula de apresentação para a comunidade, totalizando 54 horas-aula.

Mapas conceituais em LS1.	sistema, limites, elementos do sistema, alças de retroalimentação, <i>input</i> e <i>output</i> ). Mapas conceituais.	4
Unidade 3: Modelagem qualitativa em LS2.	Componentes do LS2 (Entidades, Quantidades, Configurações, derivadas, Cenário e expressão de modelos, diagramas de influência) e efeitos das influências positivas e negativas (ambiguidades).	6
Unidade 4: Modelagem qualitativa em LS3.	Noções de magnitude das quantidades e tempo, estados e Grafo de Estados, trajetória de comportamento, Diagrama da História de Valores, correspondências.	2
Unidade 5: Modelagem qualitativa em LS4.	Introdução ao <i>Dyna web</i> , noção de processos, retroalimentação, taxas, variáveis de estado, diferença entre os Is e Ps, desigualdades, Agentes e Variáveis exógenas.	18
Unidade 6: Projeto de modelagem.	Aprofundamento nos conceitos trabalhados e construção de modelos. Preparação e apresentação, pelos estudantes, de modelos para a comunidade escolar.	12

Fonte: elaborado pelo autor.

Em consonância com os nossos objetivos, de contribuir para a compreensão de sistemas complexos por parte dos estudantes, destinamos maior carga horária à Unidade 5, que trata de modelos em LS4. É nesse espaço de aprendizagem que representamos processos e mecanismos de retroalimentação essenciais para o pensamento sistêmico. Também dedicamos um tempo maior na execução do Projeto de Modelagem (Unidade 6), posto que neste momento os estudantes já tinham noção de todos os elementos a serem utilizados da modelagem e, por isso, poderiam construir modelos, a partir de situações vivenciadas no contexto dos estudantes. A apresentação dos modelos produzidos durante o curso para a comunidade escolar também foi um momento importante para a consolidação da aprendizagem e para divulgação da modelagem qualitativa como fonte de materiais didáticos.

Aliados aos conceitos de modelagem, trabalhamos também temas importantes do ensino de Química, articulados com outras áreas inerentes às Ciências Naturais e da Terra, como a Biologia, a Física, a Geociências e a Geografia. Apenas a título de ilustração, podemos citar a transformação dos estados físicos da água, assunto trabalhado, principalmente na disciplina de Química, mas também com abrangência na Biologia, na Geografia e na Geociências. No total, foram construídos e explorados 55 modelos, dos quais a grande maioria, 32, foi elaborada em LS4. A identificação dos modelos trabalhados em *DynaLearn*, em cada espaço de aprendizagem, estão disponíveis no Apêndice J deste trabalho.

Na seção seguinte, apresentamos alguns dos exemplos trabalhados em sala de aula, para representação de um sistema dinâmico. Ressaltamos que as técnicas referidas

no capítulo 6 (seção 6.3) foram utilizadas na validação dos modelos apresentados nesta tese. A validação foi realizada com especialistas das áreas de Ciências Naturais, tanto dos aspectos conceituais quanto operacionais dos modelos. O domínio conceitual, explorado neste trabalho, e os modelos, foram apresentados, de forma breve aos especialistas, e depois eles foram entrevistados sobre aspectos gerais dos modelos, como por exemplo, os conceitos envolvidos, a estrutura do sistema, o comportamento das simulações e a relação dos conteúdos abordados com o Ensino de Ciências no Ensino Médio.

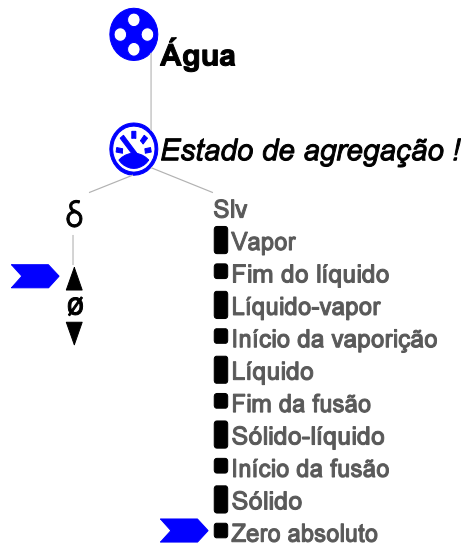
#### **7.4 Da riqueza de um simples modelo de Química em *DynaLearn* até a complexidade de um Sistema Dinâmico: em foco a transformação dos estados físicos da água.**

A título de ilustração mostraremos alguns dos modelos qualitativos construídos e utilizados na intervenção. Inicialmente apresentamos um modelo simples, em LS3, mas que já colabora para compreender questões do tipo: "O que acontecerá em relação ao estado físico das moléculas de água se aumentar a temperatura?" Ou, "O que acontecerá com o estado de agregação das moléculas se diminuirmos a temperatura da água?". Em seguida, mostraremos um modelo sobre este assunto, mas que abrange a dinâmica do sistema a partir das trocadas de Energia, que, segundo Tiedeman (1998), é a principal explicação para a transição dos estados físicos da matéria. Finalmente, um modelo que mostra os efeitos dos processos envolvidos no ciclo da água é apresentado.

##### **7.4.1 Modelo da Transição dos estados físicos da água**

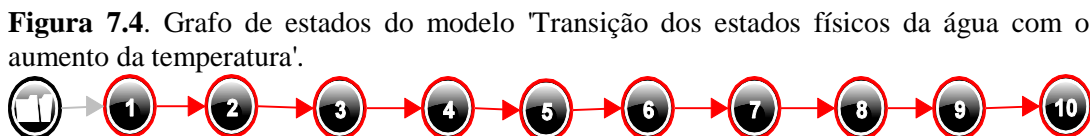
Com um modelo em LS3 é possível representar a dinâmica de um sistema de transição dos estados físicos da água, ainda que sem uma explicação causal. Na Figura 7.3 podemos perceber um Cenário, muito simples, porém que representa alguns importantes conhecimentos na disciplina de Química. A água, assim como outras substâncias e misturas, pode existir em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso, como mostrado nos intervalos dos EQs de magnitude. Além disso, esses EQs mostram também os pontos de transição dos estados físicos (início da fusão, fim da fusão, início da vaporização, fim do líquido). A representação de pontos e intervalos colabora para explicações de que uma substância não altera o seu estado de agregação, sem antes iniciar e finalizar a mudança de cada estado. A Figura 7.3 mostra o cenário do modelo 'Transição dos estados físicos da água com o aumento da temperatura'.

**Figura 7.3.** Cenário do modelo “Transição dos estados físicos da água com o aumento da temperatura”.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

No modelo da Figura acima, tem-se a derivada positiva e o valor da magnitude em 'Zero absoluto', isto é, a menor temperatura possível a ser atingida. A simulação começa com um estado inicial e produz 10 estados. A figura abaixo apresenta o grafo de estados gerado, com a respectiva trajetória de comportamento:

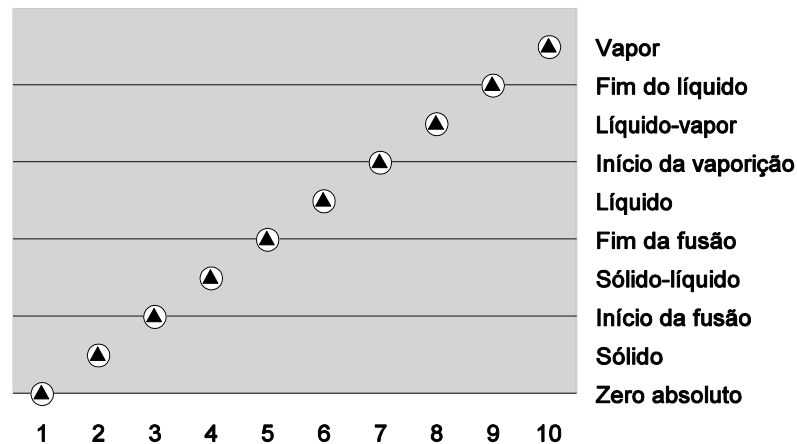


Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

Os valores assumidos pela quantidade representada no modelo, *Estado de Agregação*, durante a simulação são apresentados na Figura 7.5. Esse diagrama da história dos valores da quantidade permite compreender as mudanças ocorridas nas transições entre os estados: [1] → [2] → [3] → [4] → [4] → [5] → [6] → [7] → [8] → [9] → [10].

**Figura 7.5.** VHD obtido na simulação do modelo “Transição dos estados físicos da água com o aumento da temperatura”.

**Água: Estado de agregação**



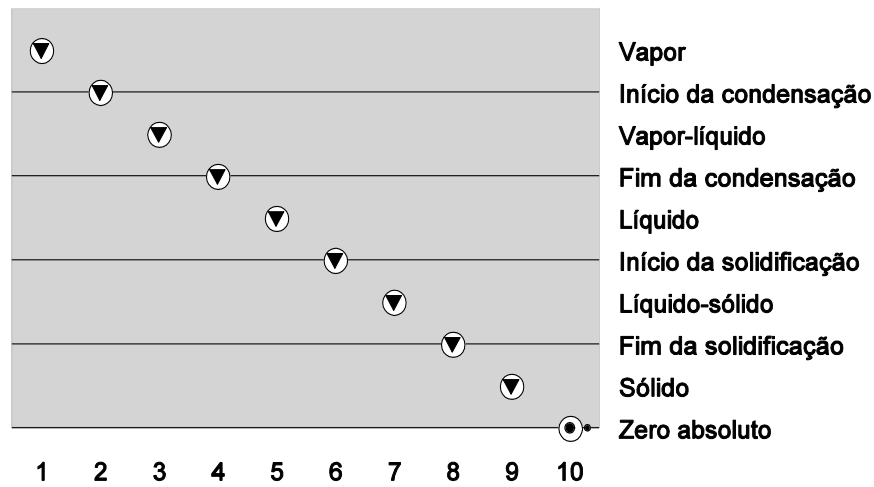
Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

No Cenário inicial desta simulação, consideramos que o valor da derivada da temperatura das moléculas de água é ‘Positivo’ em toda a simulação. Assim, no estado 1, a substância tem o estado físico ‘Zero absoluto’, a temperatura está aumentando. Com isso, a água passará para a magnitude ‘sólido’, no estado 2. Com a temperatura aumentando, a substância chegará a um instante/ponto em que iniciará a fusão, no estado 3. A partir desse estado, a substância atingirá o intervalo 4, em que estará tanto no estado sólido, quanto no estado líquido, até findar a fusão, no estado 5. Como não tem mecanismo de controle nesse modelo, a temperatura continua aumentando, e a substância passa para o intervalo ‘Líquido’, até iniciar a vaporização, no estado 7. Em seguida, no intervalo 8, tem-se a substância no estado líquido e vapor, terminando a quantidade líquida no estado 9. A partir daí, a substância se estabelece no estado vapor, e sua temperatura continua aumentando.

Assim como fizemos este sistema com a temperatura aumentando, podemos também estabelecer outro modelo, com resultados similares, que representa a mudança de estados físicos, porém, com a diminuição da temperatura (do vapor ao estado sólido no zero absoluto), como mostra o VHD da Figura 7.6.

**Figura 7.6.** VHD obtido na simulação do modelo “Transição dos estados físicos da água com a diminuição da temperatura”.

Água: Estado de agregação

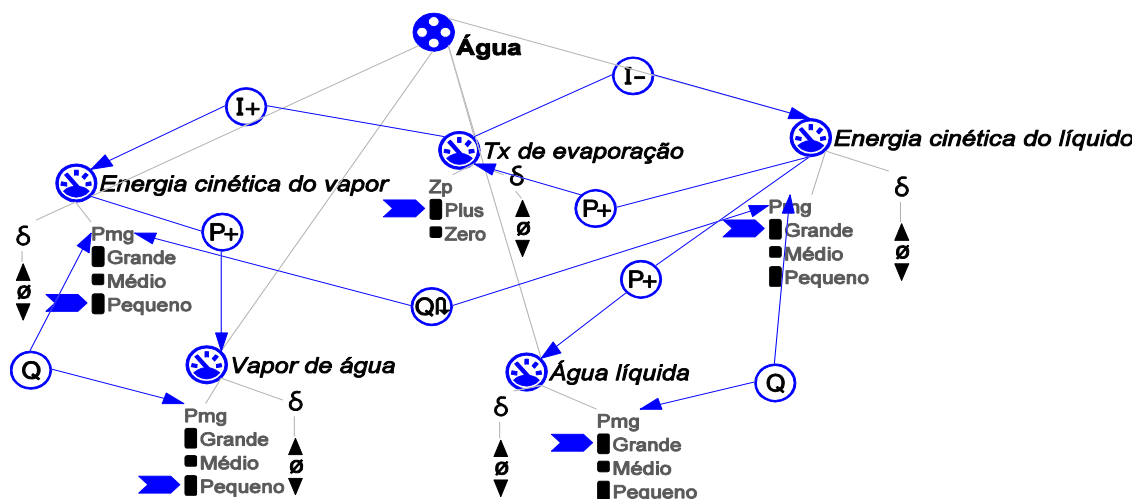


Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

#### 7.4.2 Modelo da Evaporação com trocas de energia.

Este modelo é relativamente simples, mas rico de informações sobre um dos fenômenos mais importantes do ciclo da água, evaporação. No Cenário elaborado (Figura 7.7), podemos mostrar que a *Taxa de evaporação* influencia a *Energia cinética do vapor*, que por sua vez afeta a quantidade *Vapor de água* no ambiente. Além disso, a *Taxa de evaporação* afeta também a *Energia cinética do líquido*, e conseqüentemente a quantidade de *Água líquida*.

**Figura 7.7.** Cenário do modelo “Evaporação com trocas de energia”.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

No referido cenário (Figura 7.7), o processo está representado pela *Taxa de evaporação*, a qual influencia com I+ a *Energia cinética do vapor*, e I- a *Energia cinética do líquido*. Esse processo provoca mudanças em todo sistema, uma vez que nele inicia a cadeia de causalidade. Então, quando a *Taxa de evaporação* é positiva e a influência direta é positiva (I+), a quantidade *Energia cinética do vapor* vai aumentar, até certo limite, uma vez que o sistema está sendo controlado pelo mecanismo de retroalimentação balanceadora (*Taxa de evaporação*  $\leftarrow$  *Energia cinética do líquido*), o que indica que o processo relacionado a essas quantidades são controlados e não continuam ativos indefinidamente.

E se *Energia cinética do vapor* aumenta, a quantidade *Vapor de água* aumenta na mesma direção. É importante ressaltar que, como *Energia cinética do vapor* e *Vapor de água* estão conectadas pela correspondência Q, essas duas quantidades variam com os mesmos valores qualitativos, tanto de magnitude, quanto de derivada.

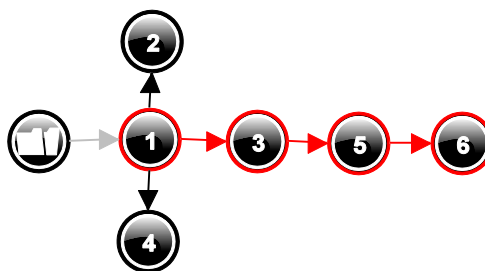
Outra relação que temos é sobre a *Taxa de evaporação* e a *Energia cinética do líquido*, conectadas pela influência direta (I-). Dessa forma, quando a *Taxa de evaporação* é positiva, a quantidade *Energia cinética do líquido* diminui até certo limite, pois com o efeito da retroalimentação, vai se estabilizar em determinado momento. E se *Energia cinética do líquido* diminui, *Água líquida* também diminuirá, na mesma direção, pois estão conectados por uma proporcionalidade qualitativa (P+), e com os mesmos valores qualitativos de magnitude e de derivada, posto que possui a correspondência Q entre essas duas quantidades.

É necessário ressaltar o significado da correspondência inversa (Q↓) entre a *Energia cinética do vapor* e a *Energia cinética do líquido*. Nesse caso, a Q↓ tem dois significados: 1- o primeiro, em relação ao próprio aspecto conceitual da linguagem de modelagem, em que os valores mudam simultaneamente de forma inversa entre as duas quantidades; 2- o segundo, em relação conhecimento específico de Ciências/Química, em que representa a transferência de energia do líquido para o vapor.

Ao rodar esta simulação, tem-se o Grafo de estados gerado, na Figura 7.8, com a trajetória de comportamento selecionada.



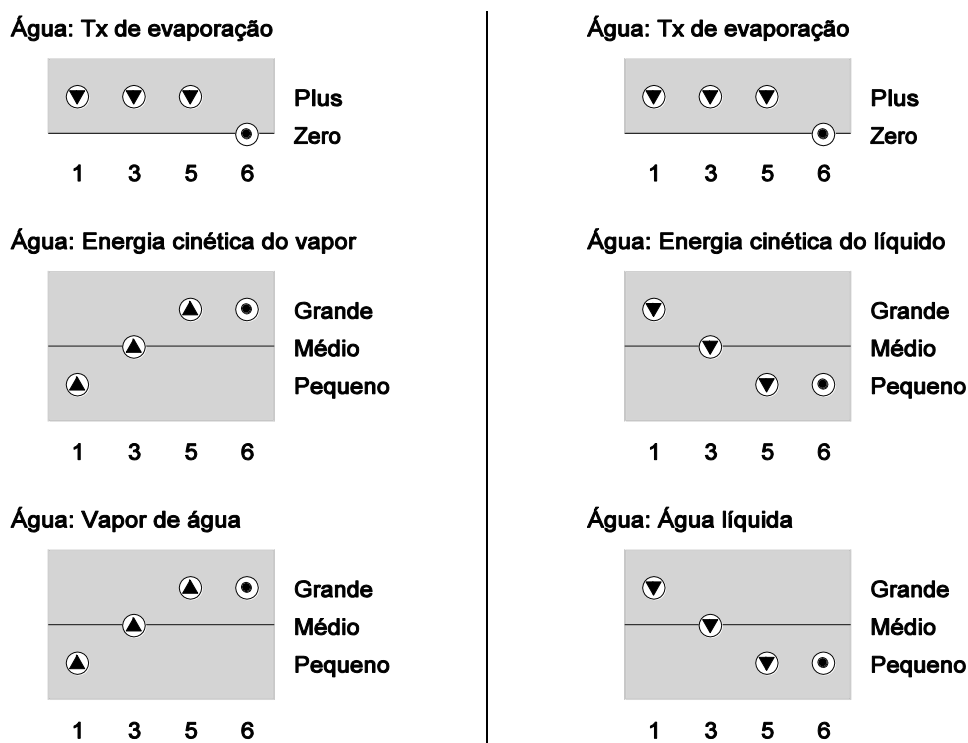
**Figura 7.8.** Grafo de estados do modelo “Evaporação com trocas de energia”.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

Os valores assumidos por todas as quantidades representadas no modelo durante a simulação são apresentados na Figura 7.9. Esses diagramas da história dos valores das quantidades permitem compreender as mudanças ocorridas nas transições entre os estados: [1] → [3] → [5] → [6].

**Figura 7.9.** VHD do modelo 'Evaporação com trocas de energia'.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

A Simulação completa gera seis estados, sendo um estado inicial e três estados finais. Na trajetória escolhida [1,3, 5, 6], a *Taxa de evaporação* apresenta magnitude *Plus* (positiva), mas derivada decrescente, que permanece nos estados [1, 3, 5], até chegar a magnitude ‘Zero’ e estável, no estado 6. Essa taxa estabilizou porque é

controlada pelo mecanismo de retroalimentação balanceadora. A quantidade influenciada pelo I+ da referida taxa, *Energia cinética do vapor*, inicia a trajetória no valor 'Pequeno' e crescente, passando pelo estado 3, com valor 'Médio', e chegando em 'Grande', no estado 5, no qual se estabiliza no último estado dessa trajetória, [6]. O *Vapor de água* muda, durante a trajetória, com os mesmos valores da sua influenciadora, *Energia cinética do vapor*, pois estão conectadas pela correspondência Q. Já a quantidade influenciada pelo I- da referida taxa, inicia a trajetória no valor 'Grande' e decrescente, passando pelo estado 3, com valor 'Médio', e chegando em 'Pequeno', no estado 5, onde se estabiliza no último estado dessa trajetória, [6]. O mesmo acontece com a *Água líquida*, que é alterada de acordo com os mesmos valores da *Energia cinética do líquido*. Em outras palavras, o fluxo de energia tornou a água líquida em vapor e o processo foi paralisado. O modelo não coloca informações sobre o que poderia ter ocorrido depois.

Os outros exemplos de modelos envolvendo a troca de energia na transição dos estados físicos (por exemplo, condensação, fusão, solidificação), encontram-se no Apêndice K.

#### **7.4.3 Ampliando a complexidade: Modelo da evaporação, condensação e precipitação envolvendo trocas de energia [Evapo-condensação e Precipitação].**

Apesar de também envolver trocas de energia (não explícitas), este modelo possibilita explicações plausíveis para a transição de estados físicos da água. É um modelo mais complexo, pois representa dois processos de mudanças de estados físicos (evaporação e condensação) e o processo de precipitação da chuva. O objetivo deste modelo é representar o comportamento cíclico da água entre a atmosfera e a terra. É um modelo que mostra a causalidade atuando em uma única direção, de forma que, em um determinado período, o vapor que está na atmosfera precipitará como chuva; e a água líquida que está na terra, em outro período, vai evaporar, e voltará a ser precipitada.

No Cenário apresentado na Figura 7.10, representamos os processos de evaporação, condensação e precipitação com apenas duas taxas: *Tx evapo-condensação* e *Tx precipi-evaporação*. Isso foi possível porque utilizamos o EQ = ('Plus', 'Zero', 'Minus') para cada taxa, e esse EQ combina processos antagônicos. Assim, a *Tx evapo-condensação* incide sobre a variável de estado *Água vapor*, e indica a mudança dos

estados gasoso para líquido e vice-versa, e que podem ocorrer simultaneamente. A interpretação do significado dos valores dessa taxa é a seguinte:

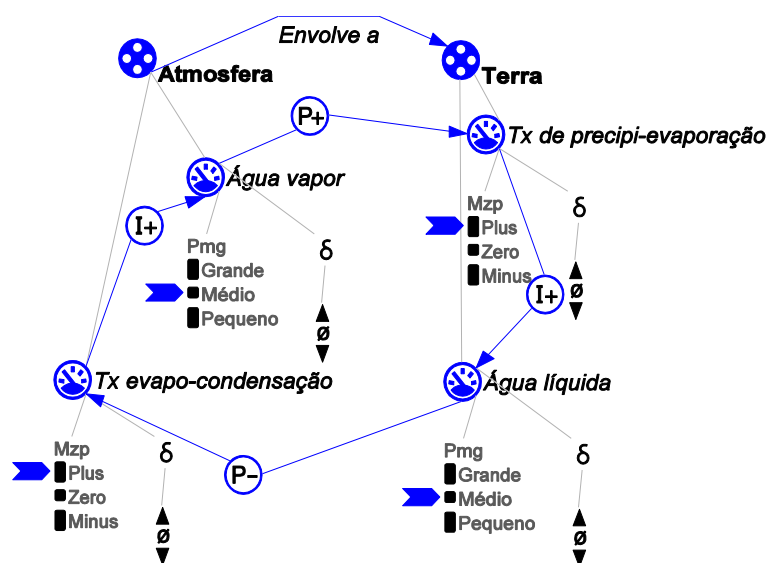
- Se Evaporação > Condensação,  $Tx\ evapo-condensação = Plus$  (prevalece a evaporação);
- Se Evaporação = Condensação,  $Tx\ evapo-condensação = Zero$  (os dois processos estão em equilíbrio);
- Se Evaporação < Condensação,  $Tx\ evapo-condensação = Minus$  (prevalece a condensação).

Da mesma forma, a  $Tx\ precipi-evaporação$  influencia a variável de estado *Água líquida*, e representa a alternância entre a precipitação (chuva) e a evaporação, e vice-versa. Segue a interpretação dos valores de magnitude da taxa:

- Se Precipitação > Evaporação,  $Tx\ precipi-evaporação = Plus$  (prevalece a precipitação);
- Se Precipitação = Evaporação,  $Tx\ precipi-evaporação = Zero$  (os dois processos estão em equilíbrio);
- Se Precipitação < Evaporação,  $Tx\ precipi-evaporação = Minus$  (prevalece a evaporação).

Segue, na Figura 7.10, o Cenário do modelo "Evapo-condensação e Precipi-evaporação".

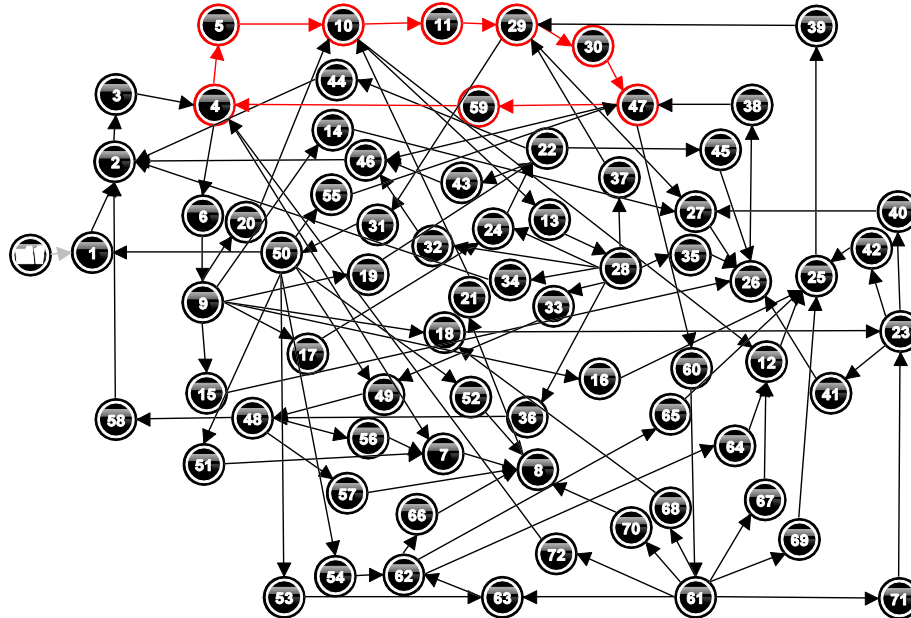
**Figura 7.10.** Cenário do modelo "Evapo-condensação e Precipi-evaporação".



Fonte: imagem gerada em DynaLearn.

Ao rodar a simulação, o Cenário gera o grafo de estados mostrado na Figura 7.11.

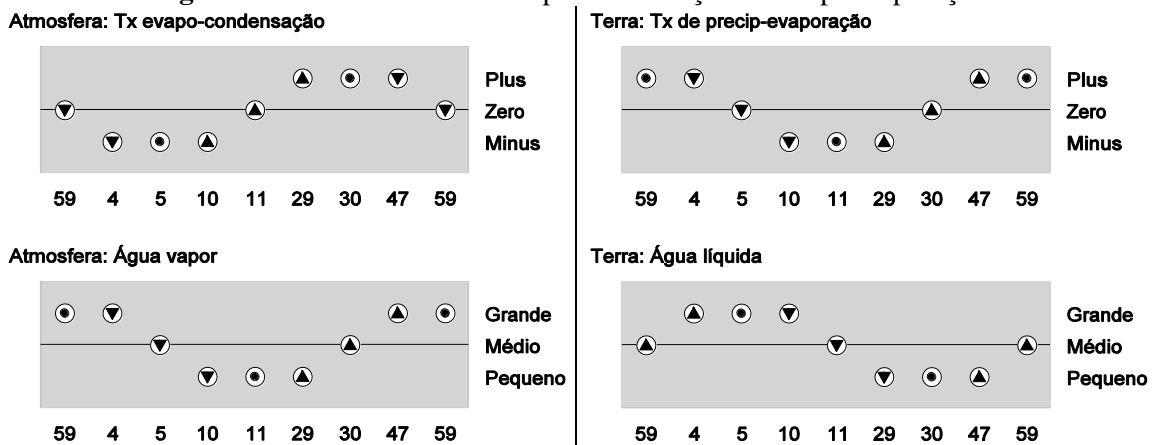
**Figura 7.11.** Grafo de estados do modelo “Evapo-condensação e Precipi-evaporação”.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

Os valores assumidos por todas as quantidades durante a simulação, na trajetória selecionada, são apresentados na Figura 7.12.

**Figura 12.** VHD do modelo 'Evapo-condensação e Precipi-evaporação'.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

O VHD das quatro quantidades associadas às entidades ‘Atmosfera’ e ‘Terra’ mostram o comportamento sinusoidal. Pode-se notar que a alternância de predominância de processos como evaporação e condensação e posterior precipitação

criam um certo atraso entre as mudanças de volume do vapor atmosférico e da água em estado líquido em terra.

Nos estados [11] e [59], na atmosfera a taxa *Tx evapo-condensação* tem magnitude ‘Zero’ e, na terra, a *Tx precipi-evaporação* tem magnitude ‘Zero’ nos estados [5] e [30]. Esses estados indicam o fim da predominância de um processo e início da predominância de outro. É o que mostra o quadro abaixo:

**Quadro 4.** Valores da trajetória do comportamento do sistema.

		Trajetória do comportamento do sistema							
Entidades	Quantidades	[4]	[5]	[10]	[11]	[29]	[30]	[47]	[59]
Atmosfera	<i>Tx Evap-Cond</i>	Minus, Decresce	Minus, Zero	Minus, Cresce	Zero, Cresce	Plus, Cresce	Plus, Zero	Plus, Decresce	Zero, Decresce
	<i>Água Vapor</i>	Grande, Decresce	Médio, Decresce	Pequeno, Decresce	Pequeno, Zero	Pequeno, Cresce	Médio, Cresce	Grande, Cresce	Grande, Zero
Terra	<i>Tx Preci-Evap</i>	Plus, Decresce	Zero, Decresce	Minus, Decresce	Minus, Zero	Minus, Cresce	Zero, Cresce	Plus, Cresce	Plus, Zero
	<i>Água Líquido</i>	Grande, Cresce	Grande, Zero	Grande, Decresce	Médio, Decresce	Pequeno, Decresce	Pequeno, Zero	Pequeno, Cresce	Médio, Cresce

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise dos estados [4, 5, 10] mostra que, enquanto na atmosfera o processo de condensação predomina sobre a evaporação, a quantidade de *Água vapor* está diminuindo e sua magnitude vai de ‘Grande’ ([4]) para ‘Pequeno’ ([10]), ao tempo em que começa o processo de evaporação em terra, que dura o período dos estados [10, 11, 29]. Na terra, a *Água líquido* permanece com a magnitude ‘Grande’ durante os estados [4, 5, 10].

Por outro lado, a análise dos estados [29, 30, 47] mostra situação semelhante no ambiente terrestre. O processo de evaporação estava terminando no estado [29], a *Tx precipi-evaporação* tem magnitude Zero no estado [30], e começa a precipitação, que dura nos estados [47, 59, 4]. Na atmosfera, a *Água vapor* mantém a magnitude crescendo nos estados [29, 30, 47]. Essa sequência garante a manutenção do ciclo evaporação e condensação/ precipitação.

No estado seguinte, [11], a *Tx precipi-evaporação* tem valor <Minus, Zero>, e em seguida começa, na terra, o processo de evaporação, que vai colocar água na atmosfera, ao tempo em que reduz a magnitude. Enquanto isso, em terra, o volume de *Água líquida*, com magnitude no intervalo ‘Grande’, aumenta, estabiliza e diminui devido ao predomínio do processo precipitação sobre a evaporação.

Durante os estados [29, 30, 47], o volume de *Água vapor* aumenta de ‘Pequeno’ a ‘Grande’, devido à predominância do processo evaporação sobre condensação, enquanto, em terra, a *Água líquida*, com magnitude no intervalo ‘Pequeno’, diminui, estabiliza e aumenta, devido ao processo de evaporação sobre precipitação. Note que nos estados [11] e [59], na atmosfera a taxa *Tx evapo-condensação* tem magnitude ‘Zero’, o que indica fim da predominância de um processo e início da predominância de outro.

Com efeito, o estado [11], indica que o processo de condensação ( $Tx = \langle \text{Minus, positivo} \rangle$ ), que estava sendo reduzido, se iguala ao processo de precipitação, que começa a aumentar a partir do estado [29]. Da mesma forma, o estado [59] indica que o processo de precipitação ( $Tx = \langle \text{Plus, negativo} \rangle$ ), que estava sendo reduzido, se iguala ao processo de condensação, que começa a aumentar a partir do estado [4]. Note ainda que nos estados [5] e [30], na terra a taxa *Tx evapo-condensação* tem magnitude ‘Zero’, o que indica fim da predominância de um processo e início da predominância de outro.

#### **7.4.4 Efeito na área urbana dos processos de transformação da água: o caso da Tempestade.**

A estratégia adotada no curso de MQ foi a de contextualizar os temas, de modo que os estudantes pudessem construir, ampliar e aplicar os modelos de processos envolvidos na transformação de estados físicos da água, por exemplo, em situações que representassem os efeitos desses processos na área urbana. A grande tempestade ocorrida na cidade do Rio de Janeiro, no início de abril de 2019, foi tema de discussão no cenário brasileiro, e sensibilizou a população, especialmente por deixar 10 mortos e pelos danos sociais e econômicos causados à cidade. Esse fenômeno foi tema do modelo aqui apresentado.

Utilizamos um vídeo<sup>16</sup> que foi transmitido em rede nacional como forma de problematização. O vídeo mostra que, devido às mudanças climáticas, as tempestades estão mais frequentes e mais intensas, principalmente em épocas do ano em que as temperaturas são mais elevadas. Na presente situação, foram 20 dias sem chuva, com temperaturas próximas aos 40°C no Rio de Janeiro. A atmosfera mais aquecida forma nuvens profundas, que provocam chuvas mais intensas. Com a forte radiação solar, a água do mar também é aquecida e, no dia da tempestade, chegava a 28°C (4°C acima do

<sup>16</sup> <https://globoplay.globo.com/v/7540228/programa/>. Acessado em 12 de outubro de 2019.

normal). A evaporação faz com que aumente a umidade do ar (7% a cada grau de aquecimento), formando um ‘bolsão de calor’ sobre a área urbana.

Quando chegou uma massa de ar mais frio vinda do mar e encontrou o bolsão de calor urbano, o choque foi terrível. As explosões causadas na atmosfera eram visíveis pelos satélites, e provocaram uma grande tempestade. Esse dilúvio provocou 10 mortes, deslizamento de encostas, grandes áreas de alagamento, enfim, parou a cidade por muitas horas.

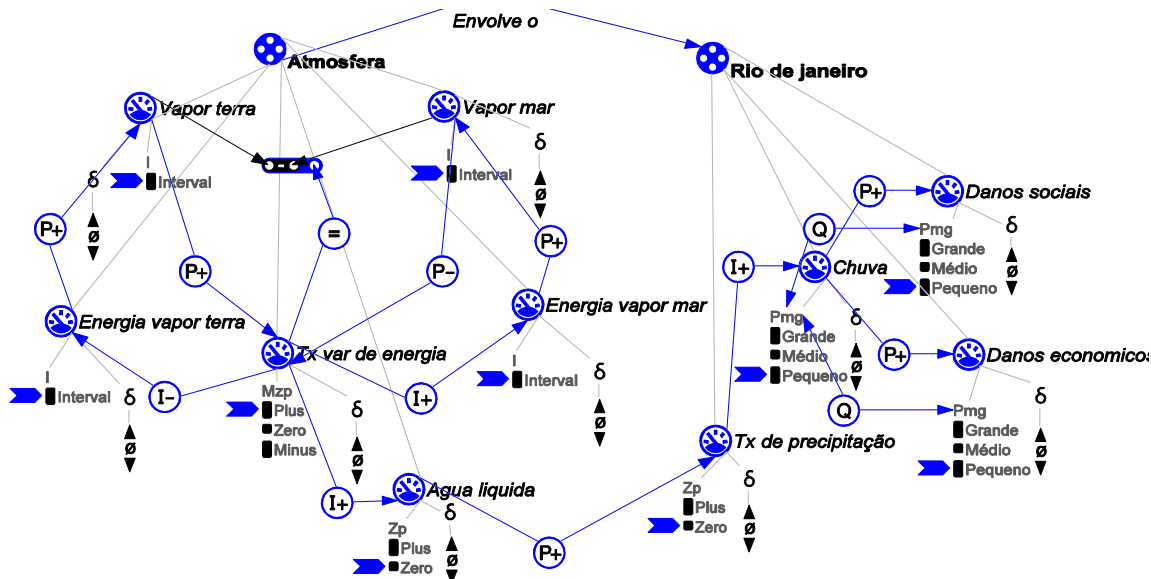
Com base nessas informações e em modelos sobre as transições entre estados da água, os estudantes, com auxílio do professor, construíram o modelo Tempestade. Embora seja mais complexo, o modelo foi construído a partir de um dos padrões de modelo estudados por Salles *et. al.* (2012a)<sup>17</sup>. O padrão selecionado evidencia uma estrutura que possibilita o cálculo de fluxos (taxas) a partir do balanço de cargas. No caso, a *Taxa de variação de energia* gerada no fenômeno da Tempestade pode ser calculada pela diferença entre as energias cinéticas de *Vapor da terra – Vapor do mar*. A *Tx var de energia* representa um processo que influencia três variáveis de estado. (a) a *Tx var de energia* coloca I+ em *Energia de vapor no mar*, e esta, com P+, influencia *Vapor do mar*. Além disso, (b) a *Taxa* influencia com I– a quantidade de *Energia de vapor na terra*, e esta afeta, com P+, o *Vapor na terra*. Ambas as variáveis auxiliares, *Vapor da terra* e *Vapor do mar*, devolvem os efeitos iniciado pelo processo, criando um complexo mecanismo da retroalimentação.

Finalmente, (c) a *Tx de variação de energia* aumenta a quantidade de *Água líquida* na terra, por meio de um I+. *Água líquida* influencia com um P+ a *Tx de precipitação*, o que faz aumentar (I+) a *Chuva* na cidade. A quantidade *Chuva* afeta, por sua vez, *Danos sociais* e *Danos econômicos*. *Chuva* está ligada a estas duas quantidades por meio de correspondências. Segue, na Figura 7.13, o Cenário do modelo "Tempestade".

---

<sup>17</sup> O padrão de modelo se encontra na Figura 4 do texto: *Qualitative Model Patterns: a Toolkit for Learning by Modelling*, de Salles *et. al.* (2012a).

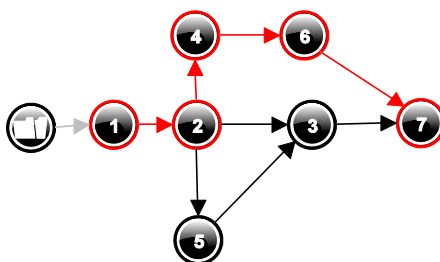
Figura 7.13. Cenário do modelo “Tempestade”.



Fonte: imagem gerada em DynaLearn.

A Figura 7.14 apresenta o grafo de estados gerado ao rodar a simulação.

Figura 7.14. Grafo de estados gerado no modelo "Tempestade".

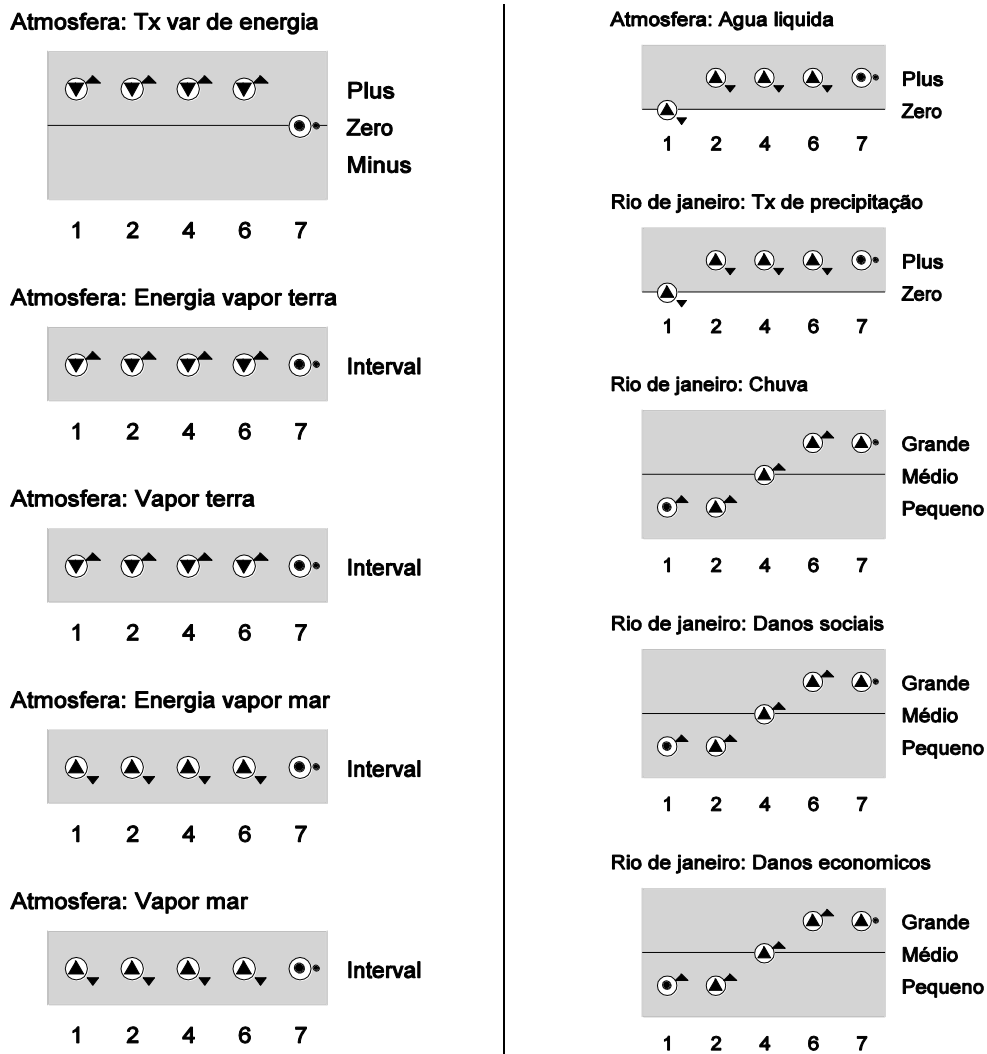


Fonte: imagem gerada em DynaLearn.

A simulação do modelo "Tempestade" gera sete estados, com três possíveis trajetórias. Os valores assumidos por todas as quantidades do modelo durante a simulação, representadas na trajetória [1] → [2] → [4] → [6] → [7], são apresentados no VHD, na Figura 7.15.



Figura 7.15. VHD do modelo “Tempestade”.



Fonte: imagem gerada em *DynaLearn*.

No modelo, é representado um balanço de cargas entre o *Vapor no mar* e o *Vapor na terra*, o que gera *Tx de variação de energia* com valor = <Plus, Negativo> na atmosfera. Como mostra o VHD, essa taxa mantém esse valor nos estados [1, 2, 4, 6]. Com isso, a *Energia de vapor na terra* diminui, pois está sendo influenciada por meio de um I−. A referida quantidade está conectada com *Vapor na terra* por meio de um P+, fazendo com que *Vapor na terra* também diminua. A *Tx de variação de energia* ainda influencia, por meio do I+, a *Energia de vapor no mar*, de tal modo que esta quantidade aumenta nos estados [1, 2, 4, 6]. Esta quantidade influencia, com P+, a quantidade *Vapor no mar*, o que faz esta quantidade aumentar.

Devido à *Tx de variação de energia* estar positiva nos estados [1, 2, 4, 6], a quantidade *Água líquida* vai aumentar, até o estado 6, levando, na mesma direção, a *Tx*

de precipitação. No início, estado [1], este processo está inativo, pois o  $Tx$  de precipitação = < 'Zero', Positivo>. Nesse mesmo estado, a quantidade de *Chuva* está estável, em 'Pequeno'. A partir do estado [2], a  $Tx$  de precipitação é igual a <'Plus', Positivo>, e a quantidade *Chuva* vai aumentar, passando pela magnitude 'Médio' no estado [4], chegando a 'Grande' no estado [6].

No estado [7], as quantidades *Vapor terra* e *Vapor mar*, influenciados pelos mecanismos de retroalimentação balanceadora, se igualam, e com isso a  $Tx$  var de energia assume a magnitude 'Zero'. Esse resultado fez com que as quantidades influenciadas por esta taxa (*Energia vapor terra*, *Energia vapor mar* e *Água líquida*) se estabilizem com derivadas 'Zero'. Apenas as quantidades *Chuva*, *Danos Sociais* e *Danos econômicos* terminam a simulação crescendo no estado [7], com derivadas positivas.

## 7.5 Resultados obtidos com o Questionário

O Questionário 2, disponível no Apêndice C, é composto de 5 seções, sendo três dessas de múltipla escolha, baseados na escala Likert, e as outras duas com questões discursivas. As três seções em escala Likert foram as seguintes: nível de concordância relacionado às dificuldades dos estudantes com os elementos/conceitos e plataforma de modelagem; nível de concordância sobre as atividades de modelagem desenvolvidas no curso; nível de concordância sobre o uso do *DynaLearn*. Nas duas seções discursivas abordamos as concepções de modelos construídos em LS2 e LS3, comparação entre *DynaLearn* físico e na versão web, e conceitos específicos de modelagem, como Processos, Taxas, Variáveis de Estado e mecanismos retroalimentação.

### 7.5.1 Seção 1: Grau de dificuldade envolvendo os elementos de *DynaLearn*

Na primeira seção do questionário, avaliamos 29 itens trabalhados durante o curso de MQ. A seção 1 teve duração de, aproximadamente, 10 minutos. A interpretação do questionário foi de responsabilidade do alunado, inclusive faz-se relevante apontar que inserimos itens no questionário, com sentidos opostos, para analisarmos se de fato todo o questionário foi lido e interpretado pelos participantes.

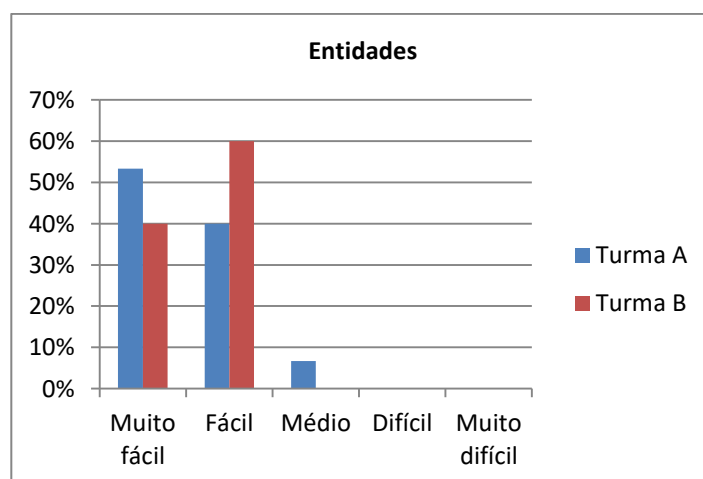
#### 7.5.1.1 Dificuldades relacionadas aos elementos de LS2

Em relação à opinião sobre a dificuldade dos estudantes sobre os itens básicos de um modelo elaborado em LS2 (Entidades, Configurações, Quantidades, influências,

Derivadas, Cenário, Expressão de modelo, simulações e Ambiguidade), os resultados aplicados, tanto na turma A quanto na turma B, indicam que esses elementos não são classificados como 'difíceis' ou 'muito difíceis'. Esses dados mostram, então, que modelos feitos em LS2 não causam dificuldade para os estudantes, certamente considerando que sejam utilizados bons materiais e modelos de ensino, além do professor ter formação sólida para trabalhar tais assuntos. É importante notar que essa formação exige dedicação, preparação e familiaridade com os modelos qualitativos utilizados.

Alguns dos elementos básicos de *DynaLearn*, como Entidades, Configurações, Quantidades, Influências e Simulações foram classificados, na grande maioria, como 'fácil' ou 'muito fácil'. Apenas um estudante da turma A mencionou o grau de dificuldade 'médio'. Na Figura 7.16 é possível visualizar os resultados referentes ao grau de dificuldade para o item 'Entidade'.

**Figura 7.16.** Grau de dificuldade sobre Entidades.

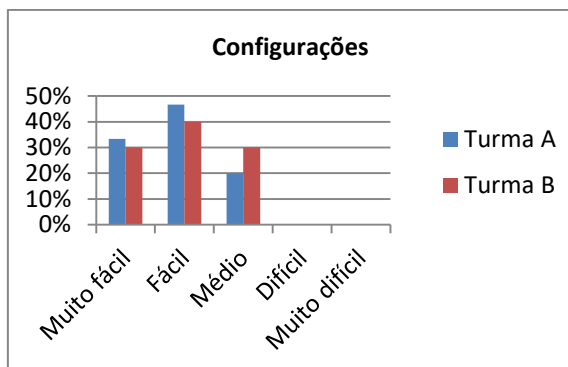


Fonte: elaborada pelo autor.

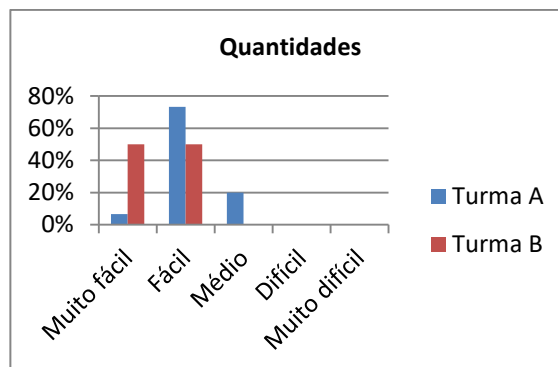
Em relação ao elemento de modelagem 'Configuração', a maioria dos participantes acreditam ser 'fácil' (46,67% na turma A e 40% na turma B), 33,33% da turma A e 30% da turma B assinalaram 'muito fácil'. As 'Quantidades' foram mencionadas por 80% dos estudantes da turma A como 'fácil' ou 'muito fácil'. Na turma B esse número foi de 100%, dividido em iguais partes nessas mesmas categorias. Já as influências (positivas e negativas) foram assinaladas, em 86,66% da turma A como 'fácil' ou 'muito fácil'. Nestas duas categorias, o item 'simulações' foi mencionado em

73,34% dos estudantes da turma A e 90% da turma B. As Figuras 7.17, 7.18, 7.19 e 7.20 mostram os resultados encontrados.

**Figura 7.17.** Grau de dificuldade sobre Configurações.

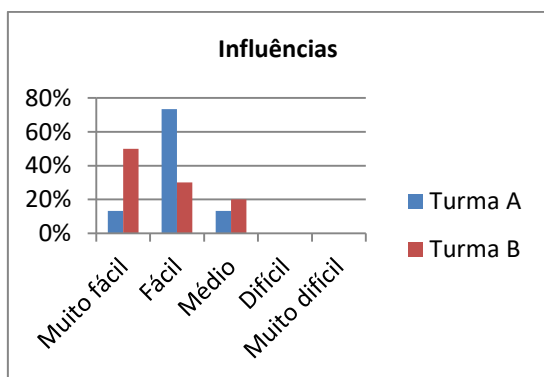


**Figura 7.18.** Grau de dificuldade sobre Quantidades.

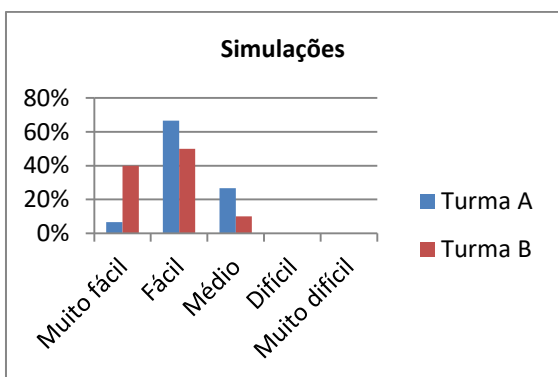


Fonte: elaborada pelo autor.

**Figura 7.19.** Grau de dificuldade sobre influências.



**Figura 7.20.** Grau de dificuldade sobre simulações.



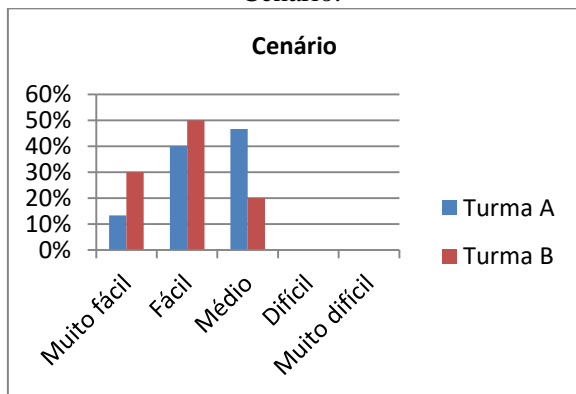
Fonte: elaboradas pelo autor.

Os itens 'Cenário' e 'Expressão de modelo' tiveram opiniões mais diversas. A maioria dos estudantes da turma A (46,67%) classificam 'Cenário' como 'médio', e outra parcela da mesma turma (40%) indicam ser 'Fácil'. Os demais estudantes mencionaram ser 'muito fácil'. Então, embora a maioria dos estudantes indicam ser 'médio', ainda sim, a soma entre as categorias 'fácil' e 'muito fácil' é aproximadamente 53%. Na turma B, a maioria dos estudantes indicam ser 'fácil'. Considerando as categorias 'fácil' e 'muito fácil', o item foi avaliado por 80% dos participantes (Figura 7.21).

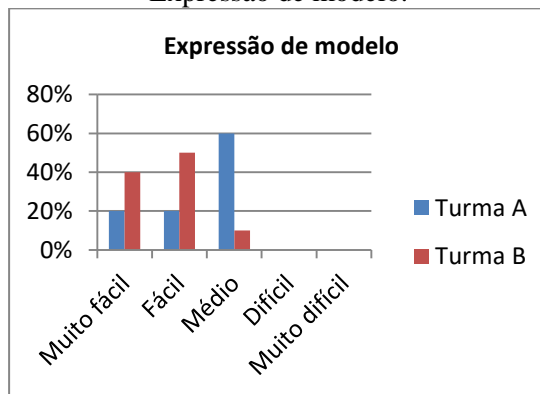
Já o item 'Expressão de modelo' (Figura 7.22) foi classificado como 'médio' em 60% dos estudantes da turma A. No grupo B os resultados mostram que 90% apontam

que o assunto foi 'fácil' ou 'muito fácil'. Então percebemos que, nesse item, houve um distanciamento das respostas dos estudantes, considerando as duas turmas separadamente.

**Figura 7.21.** Grau de dificuldade sobre Cenário.



**Figura 7.22.** Grau de dificuldade sobre Expressão de modelo.

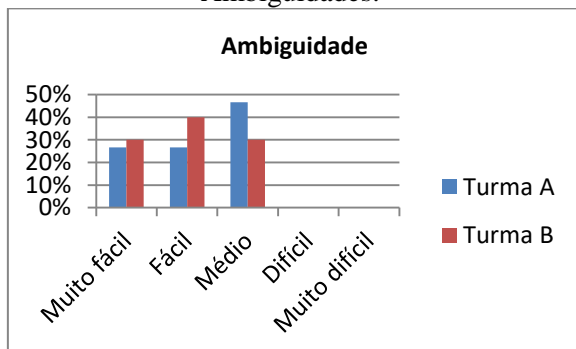


Fonte: elaboradas pelo autor.

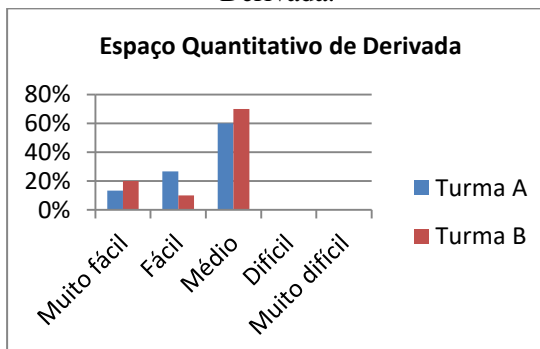
O item Ambiguidade (Figura 7.23) é classificado, por 46,67% da turma A, com o grau de dificuldade 'médio'. Ainda assim, a porcentagem de estudantes que consideram o assunto como 'fácil', ou 'muito fácil' é ligeiramente maior, 53,34%. Na turma B, a maioria dos estudantes (40%) entendem que o assunto seja 'fácil'. Os outros 60% são divididos em igual parte entre 'muito fácil' e 'médio'. Tanto na turma A quanto na turma B, temos que a soma de porcentagem entre os estudantes que indicam o conceito de Ambiguidade como 'fácil' e 'muito fácil' é 70%.

As derivadas foram consideradas com o grau de dificuldade 'médio', na concepção de 60% da turma A e de 70% da turma B. Os demais (40% da turma A e 30% da turma B) mencionaram esse conceito ser 'fácil' ou 'muito fácil'. O gráfico 7.24 revela os dados aqui apontados sobre esse conceito.

**Figura 7.23.** Grau de dificuldade sobre Ambiguidades.



**Figura 7.24.** Grau de dificuldade sobre Derivada.



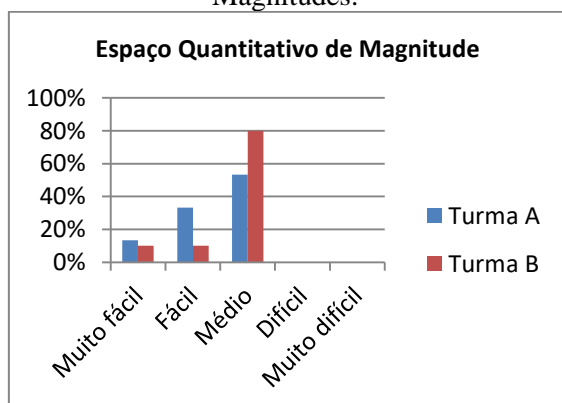
Fonte: elaboradas pelo autor.

### 7.5.1.2 Dificuldades relacionadas aos elementos de LS3

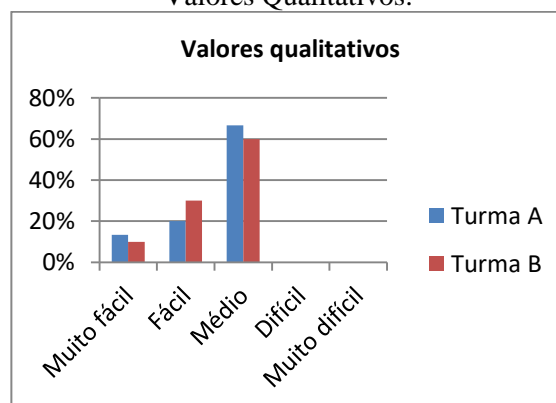
Podemos destacar os seguintes elementos de *DynaLearn* adicionados em LS3: magnitudes, estados, grafo de estados, comportamento e diagrama da história de valores das quantidades.

As magnitudes foram classificadas, em grande maioria das duas turmas, como médio (53,33% na turma A e 80% na turma B), como mostra a Figura 7.25. E quando perguntamos sobre os valores qualitativos, no geral, isto é magnitudes e derivadas, 66,67% dos estudantes da turma A e 60% da turma B sinalizam como 'médio' (Figura 7.26). É importante ressaltar a coerência dos dados encontrados nos questionários, especialmente no que se refere aos valores qualitativos (sendo a magnitude [em LS3] e a derivada [visto a partir de LS2]), coletadas separadamente. Esses três elementos avaliados foram mencionados, nas duas turmas, de forma majoritária, como 'médio'.

**Figura 7.25.** Grau de dificuldade sobre Magnitudes.

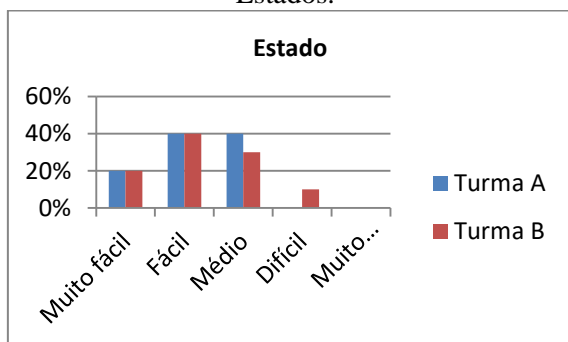
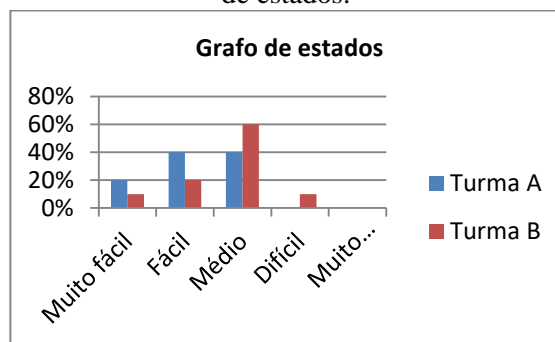


**Figura 7.26.** Grau de dificuldade sobre Valores Qualitativos.



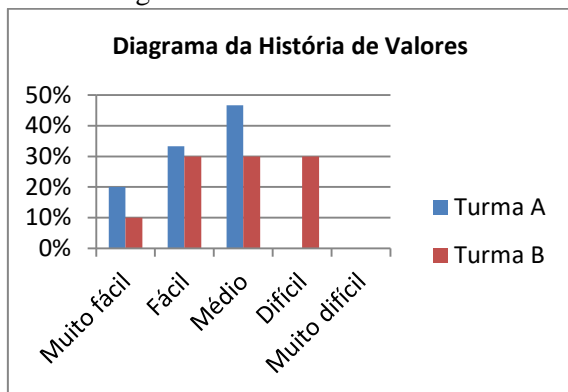
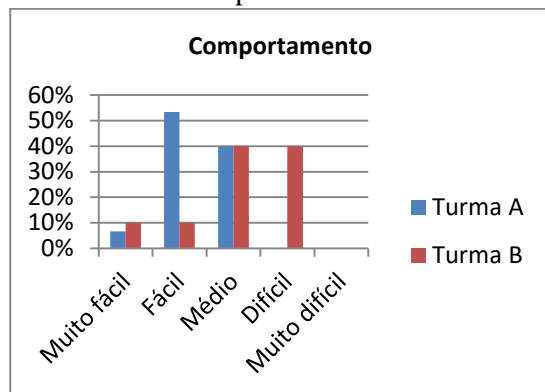
Fonte: elaboradas pelo autor.

No que se refere aos Estados (Figura 7.27) e Grafo de Estados (Figura 7.28), tivemos, ainda que de forma menos representativa, estudantes da turma B que indicaram ser 'difícil'. Nas turmas A e B 60% os estudantes marcaram o item 'Estado' como 'fácil' ou 'muito fácil'. Os Grafos de estados são avaliados, na grande maioria (60%) dos participantes da turma A como 'fácil' ou 'muito fácil'. Na turma B, os Grafos são indicados, principalmente, como 'médio'.

**Figura 7.27.** Grau de dificuldade sobre Estados.**Figura 7.28.** Grau de dificuldade sobre Grafo de estados.

Fonte: elaboradas pelo autor.

O VHD das quantidades (Figura 7.29) foi mencionado, pela maioria dos participantes do grupo A (53,33%), como 'fácil' ou 'muito fácil'. Os demais sinalizaram que o assunto tem o nível 'médio'. Na turma B, 40% dos estudantes classificaram como 'fácil' ou 'muito fácil', 30% classificaram como 'médio', e a mesma quantidade como 'difícil'. O item comportamento (Figura 7.30) também teve diferenças significativas entre as duas turmas: 60% da turma A indicaram ser 'fácil' ou 'muito fácil', enquanto apenas 20% da turma B sinalizaram serem essas categorias. Na turma B, 40% dos estudantes apontam a categoria 'médio', e essa mesma quantidade como 'difícil'.

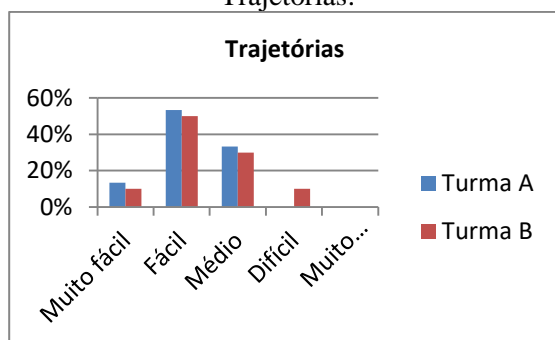
**Figura 7.29.** Grau de dificuldade sobre Diagrama da História de Valores.**Figura 7.30.** Grau de dificuldade sobre comportamento.

Fonte: elaboradas pelo autor.

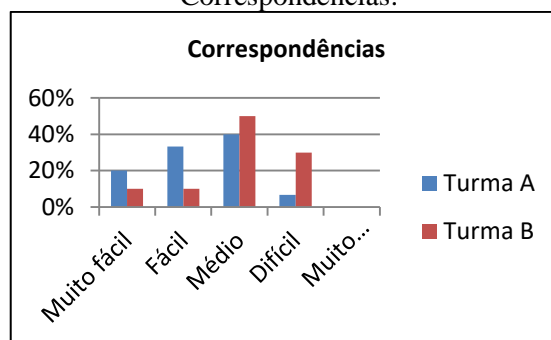
Em relação às trajetórias, 66,66% dos estudantes da turma A e 60% da turma B iniciaram como um conceito 'fácil' ou 'muito fácil'. Aproximadamente 30% de cada turma indicaram 'médio', e 10% da turma B, 'difícil' (Figura 7.31). No que se refere às correspondências, podemos perceber pela Figura 7.32 que a maior parte dos estudantes classificou o item como 'médio', em ambas as turmas, analisando as categorias

separadamente. Mas, notamos também que 53,33% dos estudantes da turma A indicaram o conceito como ‘fácil’ ou ‘muito fácil’. Em relação à turma B, apenas 20% dos estudantes indicaram essas categorias. Outro ponto importante foi que 30% dos estudantes da turma B marcaram como ‘difícil’, e foi o primeiro item do questionário que a turma A assinalou como ‘difícil’. De fato, foi um assunto pouco trabalhado em sala de aula, nas duas turmas, durante a execução do curso. Talvez maior dedicação neste conceito, por parte do professor, poderia ser um mecanismo que minimizasse as dificuldades dos estudantes.

**Figura 7.31.** Grau de dificuldade sobre Trajetórias.



**Figura 7.32.** Grau de dificuldade sobre Correspondências.



Fonte: elaboradas pelo autor.

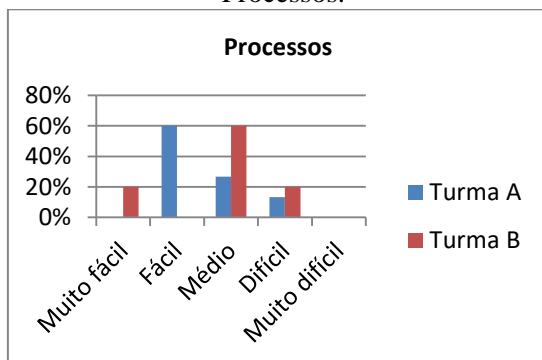
### 7.5.1.3 Dificuldades relacionadas aos elementos de LS4

Em LS4 fizemos a avaliação dos seguintes componentes: Processos, Taxas, Influências diretas, Proporcionalidades qualitativas, Variável de estado, Agentes, Desigualdades, Variáveis exógenas e Retroalimentação. Nesse nível de aprendizagem, é possível notar uma maior variação entre os graus de dificuldade, segundo os dados coletados, principalmente com o item 'Processos', primordial na modelagem em SD, qualitativa ou numérica. Este conceito foi classificado por grande parte dos estudantes da turma A (60%) como ‘fácil’. Na turma B, 60% mencionaram como ‘médio’, 20% ‘muito fácil’ e 20% ‘difícil’.

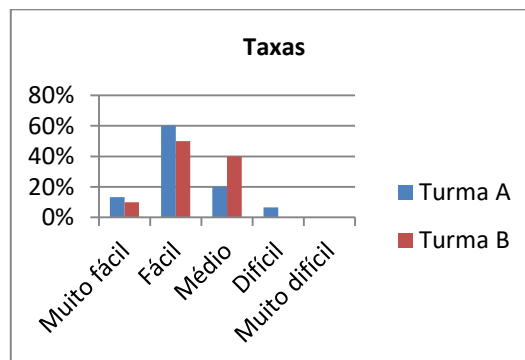
Outro conceito fundamental na modelagem é a compreensão de Taxas. Nesse caso, 73,33% da turma A sugere ser ‘fácil’, ou ‘muito fácil’. Na turma B, considerando essas categorias, o número é de 60%. As Figuras 7.33 e 7.34 mostram graficamente os resultados com o grau de concordância relacionado a esses conceitos.



**Figura 7.33.** Grau de dificuldade sobre Processos.



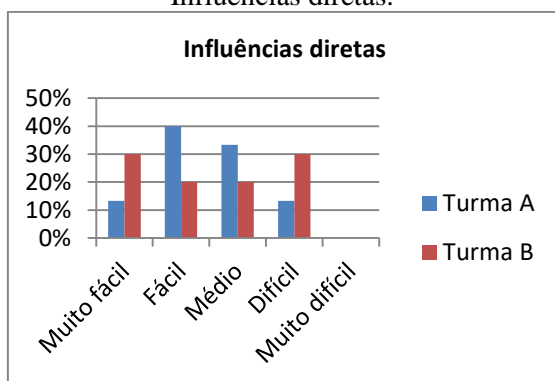
**Figura 7.34.** Grau de dificuldade sobre Taxas.



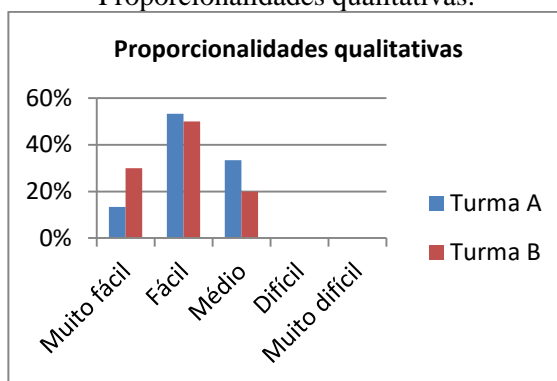
Fonte: elaboradas pelo autor.

Em relação às Influências diretas, percebemos que na turma A, 53,33% dos participantes consideram 'fácil' ou 'muito fácil', e 13,33% 'difícil'. Na turma B, 50% indicam ser 'fácil' ou 'muito fácil', e 30% consideram 'difícil'. Por outro lado, as influências diretas (proporcionalidades qualitativas), na turma A é avaliada com 66,66% de indicação como 'fácil' ou 'muito fácil'. Na turma B, essas categorias são consideradas por 80% dos estudantes.

**Figura 7.35.** Grau de dificuldade sobre Influências diretas.

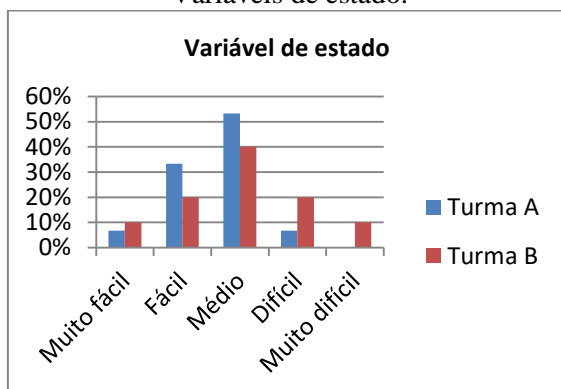
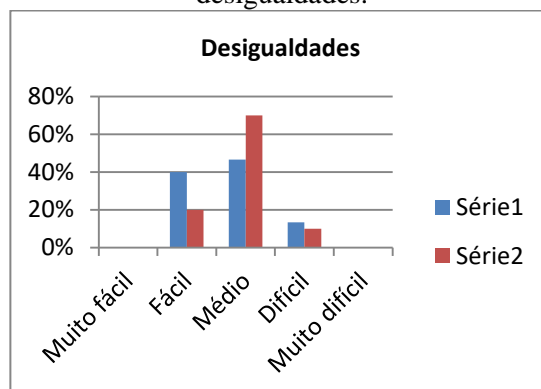


**Figura 7.36.** Grau de dificuldade sobre Proporcionalidades qualitativas.



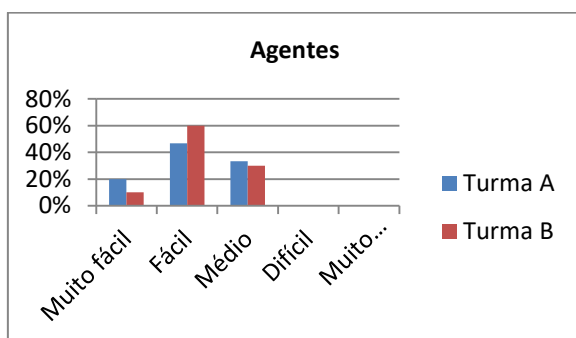
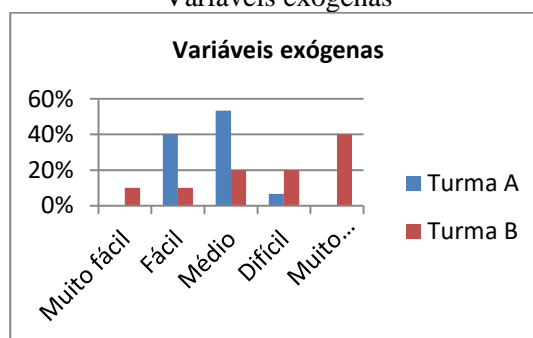
Fonte: elaboradas pelo autor.

Tanto na turma A quanto na turma B, foi mencionado o item 'Variável de estado' como um conceito de nível 'médio' (53,33%). Já o item 'Desigualdades' tivemos que 46,67% que classificaram como 'médio', 40% fácil e os demais, 'difícil'. Na turma B, 70% dos estudantes classificaram como 'médio'.

**Figura 7.37.** Grau de dificuldade sobre Variáveis de estado.**Figura 7.38.** Grau de dificuldade sobre desigualdades.

Fonte: elaboradas pelo autor.

Os conceitos 'Agentes' e 'Variáveis exógenas' foram trabalhados no final do curso de MQ. Ainda assim, 66,67% da turma A e 70% da turma B classificaram 'Agentes' como 'fácil' ou 'muito fácil' (Figura 7.39). Por outro lado, em relação às Variáveis exógenas (Figura 7.40), a maioria dos estudantes da turma A, 53,33% assinalaram 'médio'. Na turma B, 60% classificam como 'difícil' ou 'muito difícil'. Este foi o item avaliado na turma B que teve mais avaliações na categoria 'difícil' ou 'muito difícil'. De fato, esse conceito foi trabalhado em apenas duas aulas e, talvez por isso, não se estabeleceu familiaridade com os participantes.

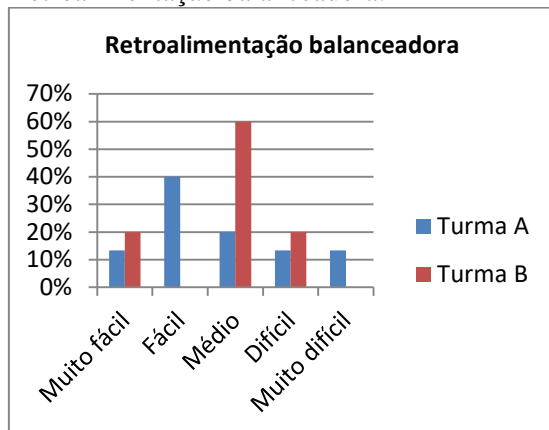
**Figura 7.39.** Grau de dificuldade sobre Agentes**Figura 7.40.** Grau de dificuldade sobre Variáveis exógenas

Fonte: elaboradas pelo autor.

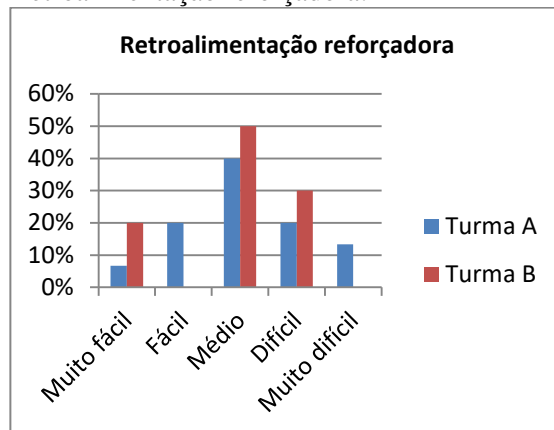
A Retroalimentação balanceadora (Figura 7.41) foi classificada em 53,33% da turma A como 'fácil' ou 'muito fácil'. Na turma B, esse conceito foi avaliado por 60% dos estudantes como 'médio'. Por outro lado, a Retroalimentação reforçadora (Figura 7.42) foi avaliada, por ambas as turmas, majoritariamente como 'médio' (40% na turma

A e 50% na turma B) e aproximadamente 30% em cada turma consideraram ‘difícil’ ou ‘muito difícil’.

**Figura 7.41.** Grau de dificuldade sobre Retroalimentação balanceadora.



**Figura 7.42.** Grau de dificuldade sobre Retroalimentação reforçadora.

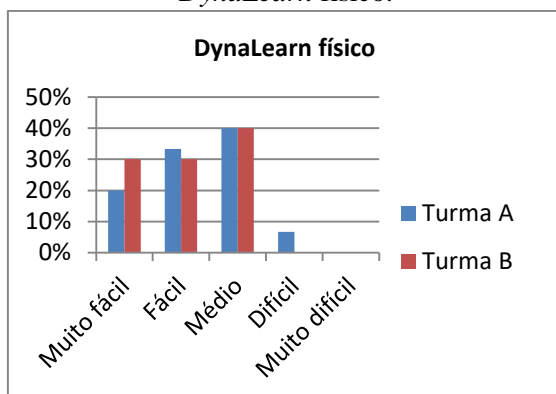


Fonte: elaboradas pelo autor.

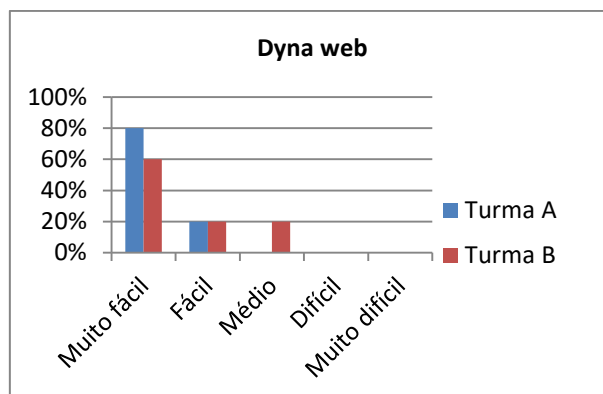
#### 7.5.1.4 Dificuldades relacionadas ao *DynaLearn* físico e ao *Dyna web*

Perguntadas sua opinião geral sobre a atividade de aprendizagem com o *DynaLearn*, nas versões física e web, 53,33% da turma A e 60% da turma B mencionaram ser ‘fácil’ ou ‘muito fácil’. Na categoria 'médio', tivemos a avaliação de 40% dos estudantes de cada turma. Já o *DynaLearn* na versão web foi majoritariamente avaliado, pelas duas turmas, como 'muito fácil' (80% na turma A e 60% na turma B). Analisando as categorias ‘fácil’ e ‘muito fácil’, o número fica ainda mais expressivo, sendo 100% dos estudantes da turma A e 80% da turma B. Os motivos que levaram os estudantes a manifestarem preferências para o *Dyna web* serão apresentados na seção "*DynaLearn* físico versus a *Dyna web*". Na referida seção faremos a triangulação dos dados coletados tanto no questionário de avaliação final (seção de questões abertas), quanto nas entrevistas e nos GDs.

**Figura 7.43.** Grau de dificuldade sobre *DynaLearn* físico.



**Figura 7.44.** Grau de dificuldade sobre *Dyna web*.



Fonte: elaboradas pelo autor.

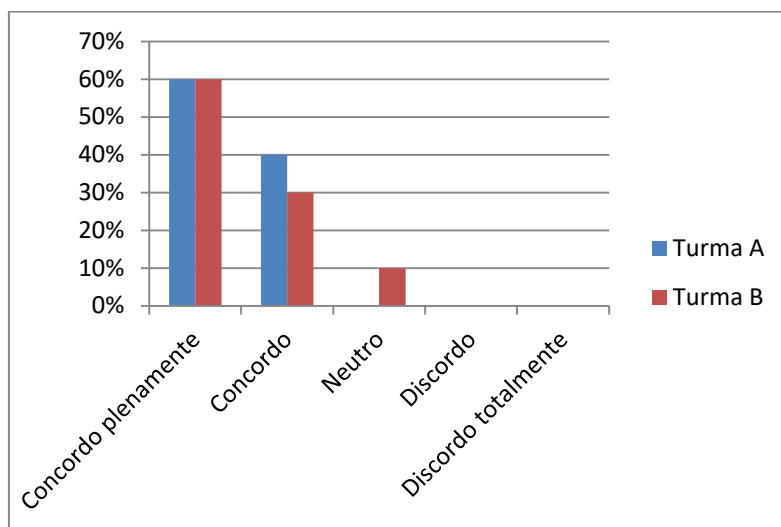
### 7.5.2 Seção 2 do questionário: Avaliação das atividades de modelagem

Na segunda seção do questionário, inserimos 12 sentenças que versam sobre o grau de concordância dos estudantes sobre as atividades de modelagem relacionadas a três aspectos: 1- modelagem na aprendizagem; 2- modelagem como instrumento para a compreensão de sistemas; 3- modelagem como proposta para estudar conteúdos específicos de Química e Ciências Naturais.

#### 7.5.2.1 Modelagem na aprendizagem

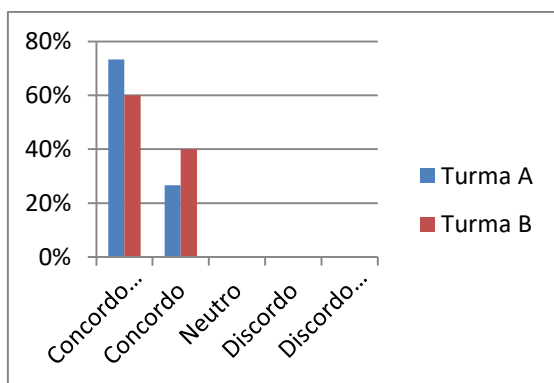
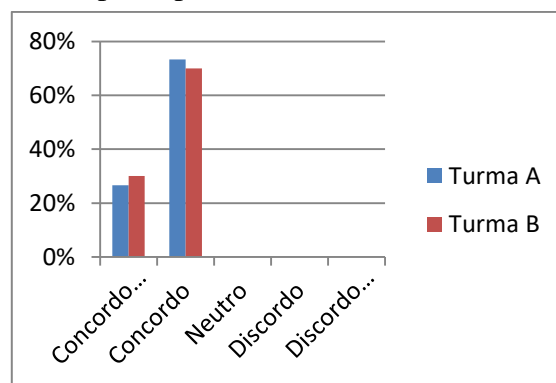
Em relação a esse grupo, elaboramos cinco sentenças na seção 2, conforme o questionário no Apêndice C. As sentenças são: afirmação 1 - Modelagem conceitual foi uma abordagem totalmente nova para o meu aprendizado; afirmação 5- Modelagem foi uma tarefa motivadora; afirmação 9- Eu posso justificar as razões pelas quais modelos qualitativos podem me ajudar a aprender outros assuntos; afirmação 10- Trabalhar nas tarefas de modelagem me ajudou a formular respostas por escrito sobre os assuntos estudados; afirmação 11- Eu entendi claramente o objetivo das tarefas de modelagem.

Nas duas turmas, os resultados mostraram que a modelagem é uma abordagem nova para o aprendizado (sentença 1). Um único estudante, da Turma B, assinalou 'neutro' no questionário, o que implica em não opinar sobre a afirmação do questionário. A Figura 7.45 identifica os resultados.

**Figura 7.45.** Modelagem como estratégia nova no aprendizado dos estudantes.

Fonte: elaboradas pelo autor.

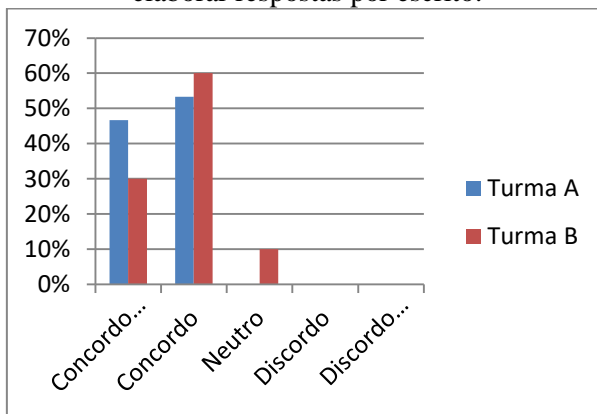
Todos os estudantes concordam ou concordam plenamente que a modelagem é uma atividade motivadora (Figura 7.46) no processo de aprendizagem, e que pode colaborar para aprender novos assuntos (Figura 7.47).

**Figura 7.46.** Modelagem como atividade motivadora.**Figura 7.47.** Modelagem como estratégia para aprender novos assuntos.

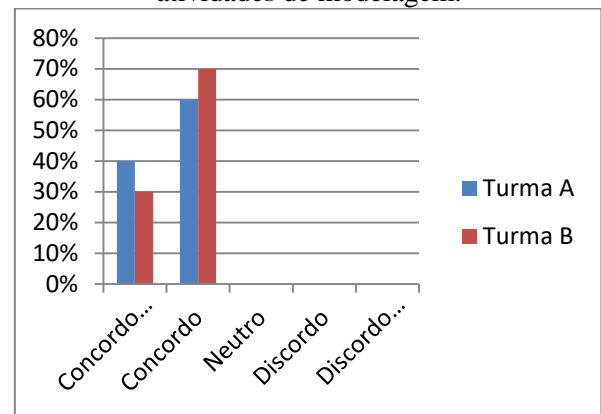
Fonte: elaboradas pelo autor.

Os participantes também indicam que a modelagem colabora para formular respostas por escrito sobre os assuntos de Ciências trabalhados no curso, sendo que apenas um estudante da turma B assinalou 'neutro' no questionário, conforme a Figura 7.48. Além disso, o questionário mostra que 100% dos estudantes concordam ou concordam plenamente que entenderam os objetivos das tarefas de modelagem, conforme é evidenciado na Figura 7.49.

**Figura 7.48.** Modelagem como facilitadora para elaborar respostas por escrito.



**Figura 7.49.** Entendimento dos objetivos das atividades de modelagem.



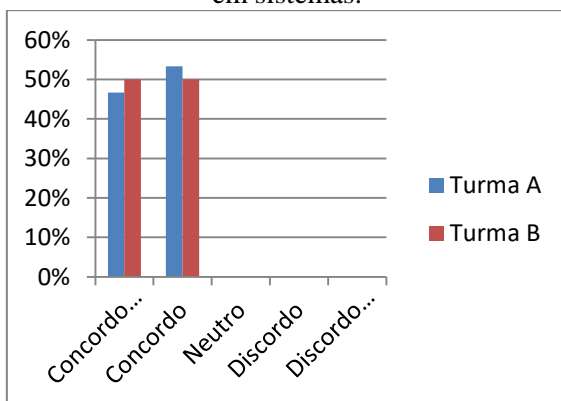
Fonte: elaboradas pelo autor.

### 7.5.2.2 Modelagem como instrumento para a compreensão de sistemas

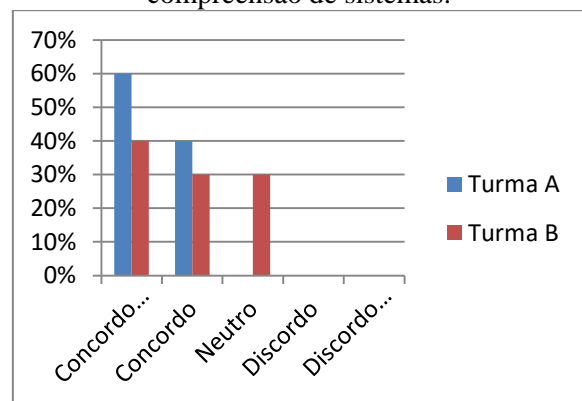
Em relação a esse grupo, elaboramos quatro sentenças na seção 2 (afirmações 2, 4, 8 e 12): 2- A modelagem me fez pensar sobre os sistemas de uma forma diferente; 4- Ser capaz de simular os modelos me ajudou a desenvolver minha compreensão do comportamento dos sistemas; 8- A modelagem qualitativa pouco contribuiu para o meu entendimento de como se comporta um sistema; 12- as simulações tornam mais difíceis o reconhecimento das relações de causa e efeito que opera no sistema.

Os estudantes concordam ou concordam plenamente que a modelagem contribuiu para pensar em sistemas (Figura 7.50). Assim como, 100% da turma A concorda ou concorda plenamente que as simulações colaboram para desenvolver a compreensão do comportamento dos sistemas (Figura 7.51). Na turma B, 30% dos estudantes indicaram 'neutro' para esta afirmação. Os demais concordam ou concordam plenamente.

**Figura 7.50.** Modelagem contribui para pensar em sistemas.



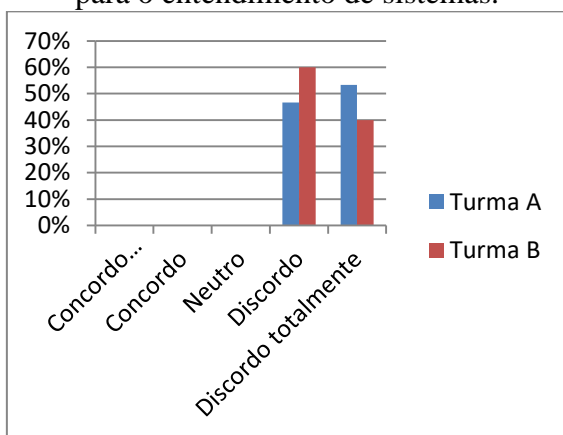
**Figura 7.51.** Simulações contribuem na compreensão de sistemas.



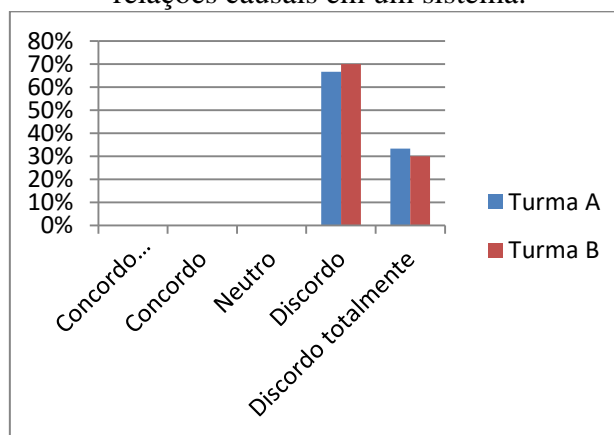
Fonte: elaboradas pelo autor.

As afirmações 8 e 12 são antagônicas às afirmações 2 e 4. Quando afirmado que a modelagem qualitativa pouco contribuiu para o meu entendimento de como se comporta um sistema (afirmação 8), e as simulações tornam mais difíceis o reconhecimento das relações de causa e efeito que opera no sistema (afirmação 12), 100% dos estudantes discordaram ou discordaram totalmente das referidas afirmações, conforme mostram as Figuras 7.52 e 7.53.

**Figura 7.52.** Modelagem pouco contribui para o entendimento de sistemas.



**Figura 7.53.** Simulações tornam difíceis as relações causais em um sistema.



Fonte: elaboradas pelo autor.

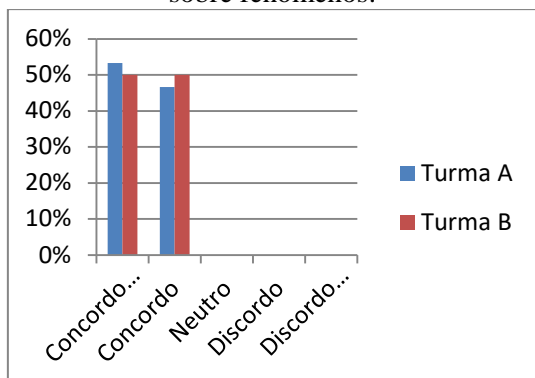
### 7.5.2.3 Modelagem como proposta para estudar conteúdos de Química e Ciências Naturais.

Nesse terceiro grupo de questões, buscamos compreender as atividades de modelagem como proposta para desenvolver trabalhos relacionados aos conteúdos de Química, articulados com outras áreas do conhecimento, como a Biologia, Geografia, Física, trabalhados na escola, por exemplo, os processos envolvidos no ciclo da água. Elaboramos três sentenças na seção 2 (afirmações 3, 6 e 7): 3- A modelagem me deu uma nova visão sobre os fenômenos e processos do ciclo da água; 6- A construção de modelos qualitativos me fez pensar mais claramente sobre as causas e efeitos das mudanças em sistemas ambientais; 7- O processo de modelagem me motivou a aprender mais sobre os fenômenos de mudanças no ciclo da água.

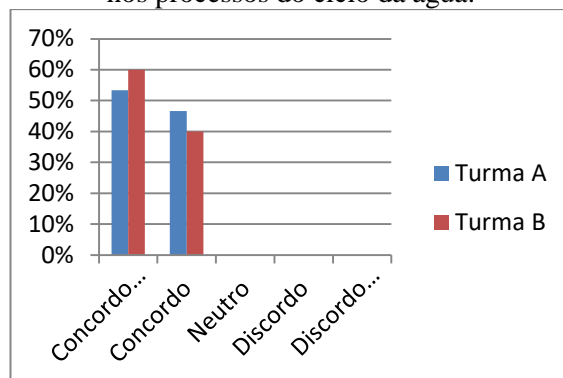
Em ambas as turmas, os estudantes concordam plenamente ou concordam que a modelagem ofereceu uma nova visão sobre os fenômenos (afirmação 3) e, ainda, que a

construção de modelos qualitativos faz pensar melhor nos processos envolvidos no ciclo da água. As Figuras 7.54 e 7.55 mostram esses resultados.

**Figura 7.54.** Modelagem amplia a visão sobre fenômenos.



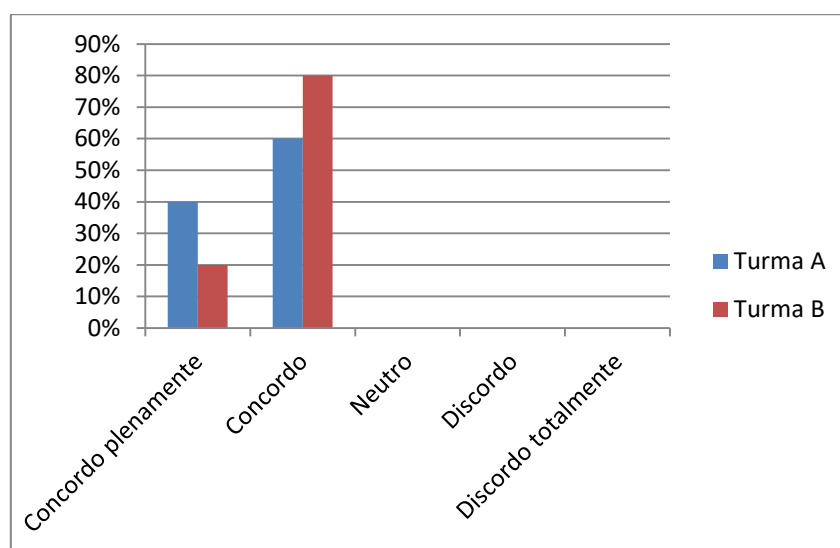
**Figura 7.55.** Modelagem contribui para pensar nos processos do ciclo da água.



Fonte: elaboradas pelo autor.

Finalmente, os estudantes de ambas as turmas concordam, ou concordam plenamente, que as atividades de modelagem incentivam aprender sobre os fenômenos e processos de mudanças no ciclo da água, conforme é mostrado na Figura 7.56.

**Figura 7.56:** Modelagem incentiva aprender processos do ciclo da água.



Fonte: elaborada pelo autor.

### 7.5.3 Seção 3: nível de concordância envolvendo o uso do *DynaLearn*

Na terceira seção do questionário, inserimos 12 sentenças que buscam compreender as atividades de modelagem a partir do uso do *DynaLearn*, na visão dos



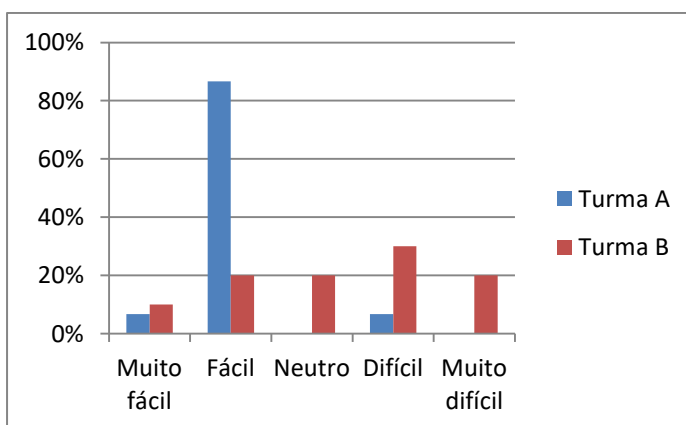
estudantes. Nessa seção, tivemos três grupos de questões, abrangendo principalmente: 1- impressão dos participantes sobre as atividades de construção de modelos; 2- Identificar e diferenciar os elementos da modelagem qualitativa; 3- estrutura, funcionamento e comportamento das simulações em *DynaLearn*.

### 7.5.3.1 Concepção dos estudantes sobre as atividades de modelagem

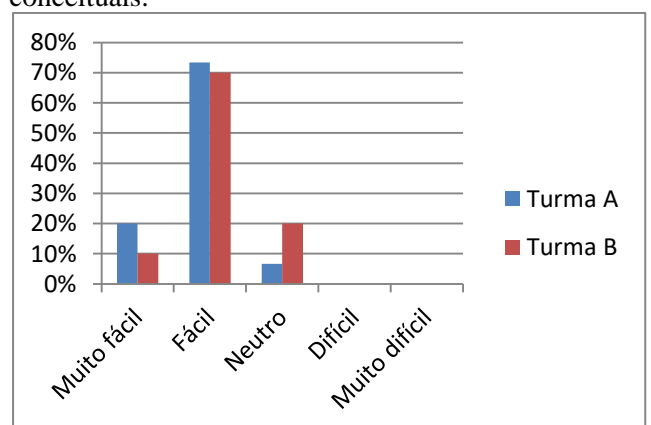
Em relação a esse grupo, elaboramos seis sentenças na seção 3 [ressaltamos que o questionário está disponível no Apêndice C]. As sentenças são: 1- Em geral eu achei a modelagem conceitual qualitativa; 3- Considero a tarefa de construir mapas conceituais; 6 - Construir um modelo causal com grafo de estados (LS3) é; 7- Representar um sistema em um modelo com diferenciação causal (LS4) foi; 8- Considero que trabalhar com simulações é; 12- Em geral construir modelos no *DynaLearn* é.

Os resultados mostraram que os estudantes da Turma A, na grande maioria, assinalaram que a modelagem qualitativa é 'fácil' ou 'muito fácil'. Apenas um estudante (6,67%) marcou como 'difícil'. Por outro lado, na Turma B, 50% dos participantes assinalaram ser 'difícil' ou 'muito difícil'. Nessa turma, 30% assinalaram como 'fácil' ou 'muito fácil', e os demais, indicaram ser 'neutro'. Esses resultados estão disponíveis na Figura 7.57. E, em consenso entre as duas turmas, grande maioria dos estudantes indicaram que a construção de mapas conceituais é 'fácil', como mostra na Figura 7.58.

**Figura 7.57.** Concepção da modelagem qualitativa.



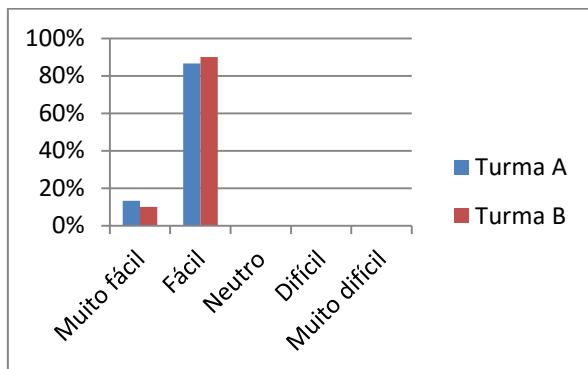
**Figura 7.58.** Concepção da construção de mapas conceituais.



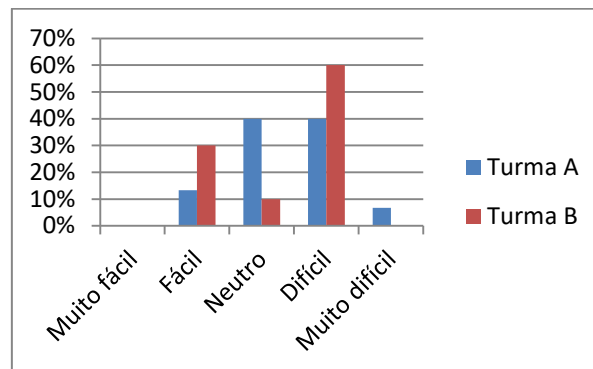
Fonte: elaboradas pelo autor.

No que se refere à construção de modelos em LS3, os estudantes indicaram ser ‘fácil’ ou ‘muito fácil’, conforme a Figura 7.59. Entretanto, em relação aos modelos em LS4, a maior parte dos estudantes (46,67% da turma A e 60% da turma B) assinalou que é ‘difícil’ ou ‘muito difícil’, conforme a Figura 7.60.

**Figura 7.59.** Construção de modelos em LS3.



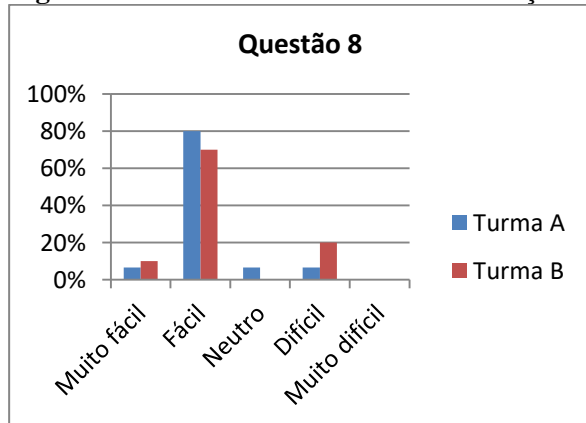
**Figura 7.60.** Construção de modelos em LS4.



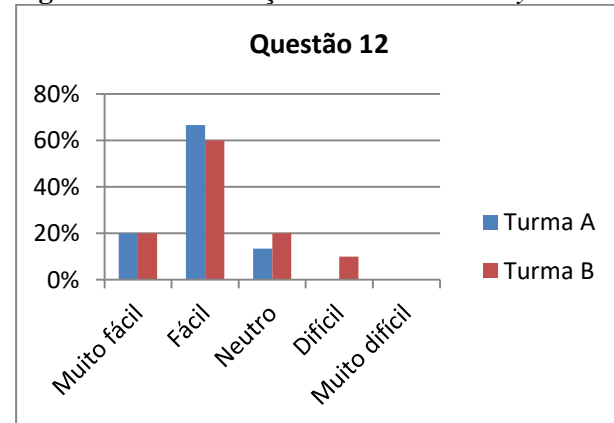
Fonte: elaboradas pelo autor.

Na grande maioria dos estudantes é considerado ‘fácil’ trabalhar com simulações, conforme a Figura 7.61. Apenas 20% da turma B e 6,67% da turma A assinalaram ser ‘difícil’. Em relação à construção de modelos em *DynaLearn*, a maioria dos estudantes também consideram ‘fácil’ (66,67% na turma A e 60% na turma B) ou ‘muito fácil’ (20% em cada turma), totalizando 86,67% na turma A e 80% na turma B, de acordo com a Figura 7.62. Apenas um estudante na turma B marcou como ‘difícil’, e dois estudantes de cada turma (aproximadamente 13% na turma A, e 20% na turma B) não opinaram sobre a sentença, assinalando 'neutro'.

**Figura 7.61.** Atividades envolvendo simulações.



**Figura 7.62.** Construção de modelos em *DynaLearn*.



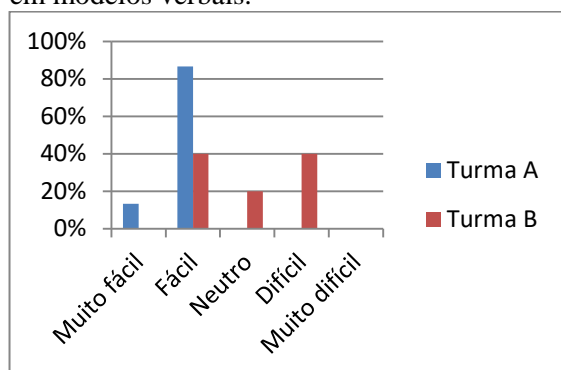
Fonte: elaboradas pelo autor.

### 7.5.3.2 Identificar e diferenciar os elementos da modelagem

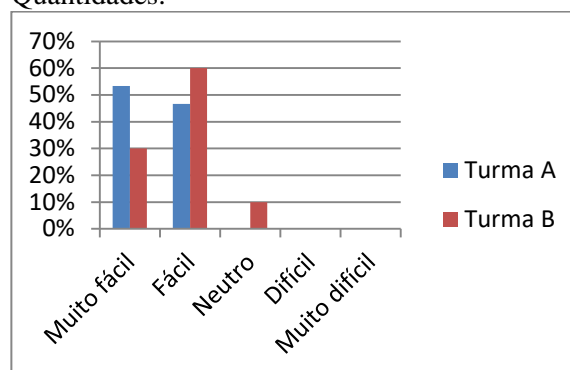
Em relação a esse grupo, também elaboramos três sentenças na seção 3. As sentenças são: 2- Identificar e extrair as informações relevantes e essenciais dos textos para construir um modelo foi; 4- Posso classificar as diferenças entre entidades e quantidades na construção de um modelo como; 9 - Posso classificar as diferenças entre influências diretas e proporcionalidades como.

No que se refere a identificar e extrair informações relevantes dos modelos verbais, os estudantes da turma A assinalaram ‘fácil’ (86,67%) ou ‘muito fácil’ (13,33%). No entanto, na turma B, 40% marcaram ‘fácil’ e, a mesma quantidade marcou ‘difícil’. Essas informações estão disponíveis na Figura 7.63. Nesse sentido, se considerarmos apenas a diferença entre Entidades e Quantidades, praticamente todos os estudantes (com exceção de um estudante da turma B que não opinou), concordam ser ‘fácil’ ou ‘muito fácil’ (Figura 7.64). Por outro lado, a diferença entre influências diretas (Is) e proporcionalidades qualitativas (Ps) foi considerada ‘difícil’ pela maioria dos participantes, conforme a Figura 7.65.

**Figura 7.63.** Identificação de aspectos relevantes em modelos verbais.

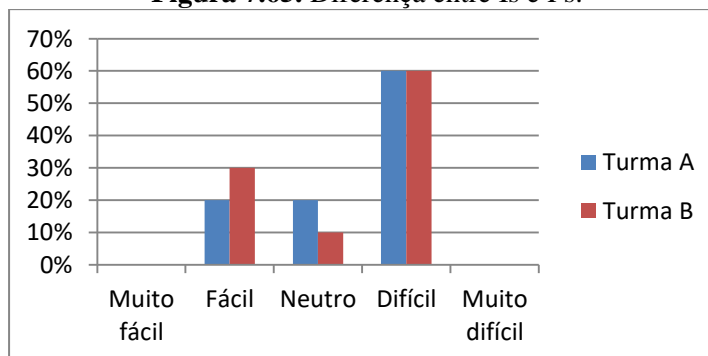


**Figura 7.64.** Diferença entre Entidades e Quantidades.



Fonte: elaboradas pelo autor.

**Figura 7.65.** Diferença entre Is e Ps.



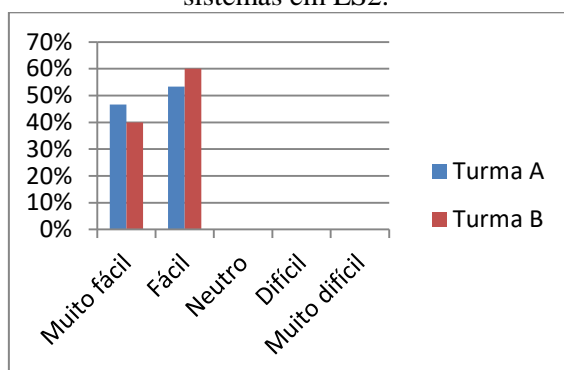
Fonte: elaborada pelo autor.

### 7.5.3.3 Estrutura, funcionamento e comportamento das simulações

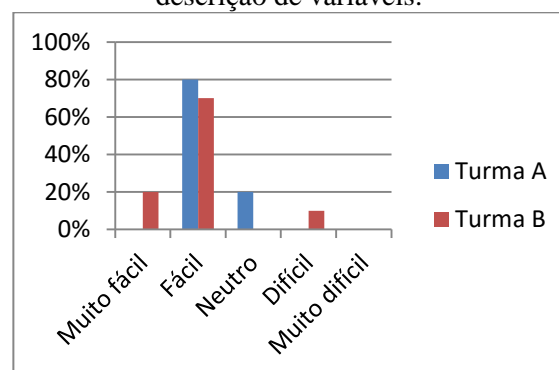
Em relação a esse grupo, também elaboramos três sentenças no questionário: 5- Descrever a estrutura do sistema em um modelo causal básico (LS2) foi; 10- Compreender a forma como os espaços quantitativos descrevem as variáveis qualitativamente foi; 11 - Compreender as razões que levam certas quantidades a ter o comportamento ambíguo durante as simulações foi.

Em ambas as turmas, os estudantes não notaram dificuldades para descrever a estrutura do sistema em um modelo em LS2, como podemos verificar na Figura 7.66. Em relação à compreensão de como os espaços quantitativos descrevem as variáveis, os estudantes também, neste caso, em grande maioria, assinalaram como 'fácil' (Figura 7.67). Finalmente, no que tange a ambiguidade nas simulações (Figura 7.68), a maior parte dos estudantes da turma B assinalaram 'fácil' ou 'muito fácil'; e na turma A, 53,33% dos estudantes assinalaram 'neutro'. Os demais (46,67%) marcaram ser 'fácil' ou 'muito fácil'.

**Figura 7.66.** Descrição da estrutura de sistemas em LS2.

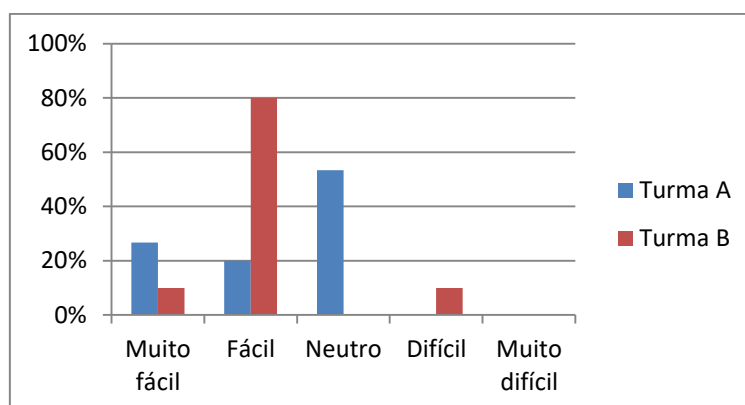


**Figura 7.67.** Espaços Quantitativos na descrição de variáveis.



Fonte: elaboradas pelo autor

**Figura 7.68.** Ambiguidade nas simulações.



Fonte: elaborada pelo autor.

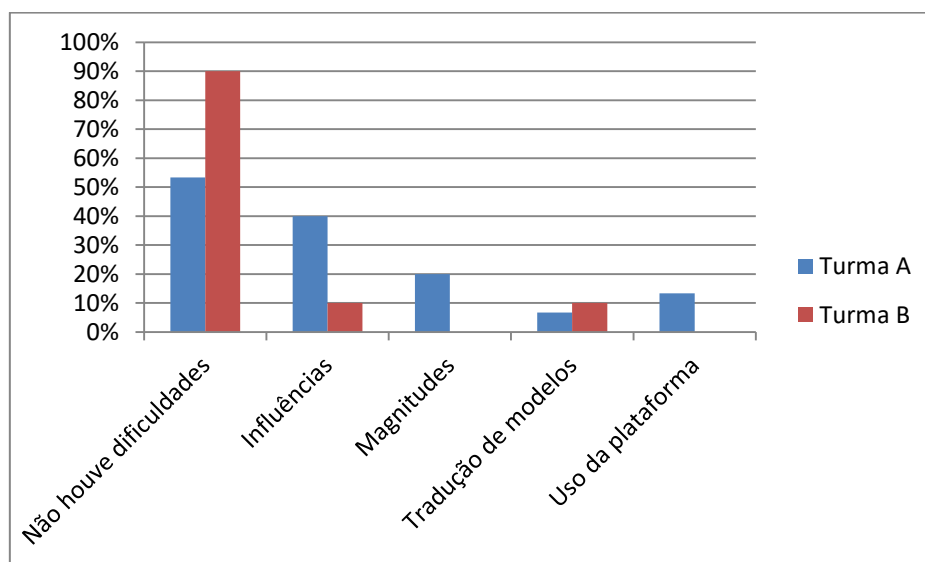
#### 7.5.4 Seção 4: construção de modelos e conceitos específicos da modelagem qualitativa

Nessa seção, levantamos dados a partir de cinco questões discursivas. Na primeira questão os estudantes mencionaram as dificuldades para construir modelos em LS2 e em LS3. Nas segunda, terceira e quarta questões os estudantes discorreram sobre questões específicas da modelagem: Influência direta, Taxa e Estoque, e retroalimentação, respectivamente. Por fim, na questão cinco, os estudantes comentaram as suas experiências ao modelar nas duas versões de *DynaLearn*, física e web.

##### 7.5.4.1 Dificuldades encontradas para construir modelos em LS2 e em LS3

Em relação a essa questão, tabulamos as respostas dos estudantes e elaboramos cinco categorias diferentes: a) Não houve dificuldades em construir modelos em LS2 e em LS3; b) dificuldades em relação às influências; c) dificuldades em relação à magnitude, em LS3; d) transposição de modelo verbal para o modelo qualitativo; e) no uso da plataforma de modelagem. A Figura abaixo mostra o quantitativo de indicações em cada uma dessas categorias.

**Figura 7.69.** Dificuldades para construção de modelos em LS2 e em LS3.



Fonte: elaborada pelo autor.

A maioria dos estudantes, em ambas as turmas, não tiveram dificuldades com a construção de modelos em LS2 e em LS3, como mostra algumas respostas: "Não há dificuldades em estruturar modelos em LS2 e em LS3, pois os dois são relativamente

fáceis" (E7B, turma B); "Não tive dificuldades em construir modelos em LS2 e em LS3" (E2A, turma A).

Em relação à categoria 'Influências', os estudantes mencionaram dificuldades relacionadas a identificação do tipo de influência, positiva ou negativa, por exemplo: "Algumas vezes tive dificuldade em identificar quando colocar + ou - entre as quantidades." (E7A, turma A), ou ainda, " Entender os conceitos de influências" (E9A, turma B). No entanto, a maior parte das respostas pertencentes a essa categoria mencionam as influências negativas como maior dificuldade, por exemplo: "Senti apenas um pouco [a aluna se refere a dificuldades] nas influências negativas." (E13A, turma A). Outro estudante menciona "Interpretar o modelo com influência negativa." (E17A, turma A).

Estudantes da turma A também mencionaram dificuldades em relação às magnitudes e ao uso da plataforma *DynaLearn*. Algumas respostas evidenciam essas categorias: "No LS3 minha única dificuldade foi entender os espaços quantitativos" (E8A, turma A); "No LS3, no começo, fiquei um pouco confuso com as magnitudes" (E16A, turma A).

Em relação ao uso da plataforma, o estudante E19A descreve: "Entender como funcionava o *DynaLearn* era a parte mais demorada de entender, como inserir e compreender as quantidades e além disso, deixar tudo no seu devido lugar" (E19A, turma A); ou ainda "A plataforma física tem funções precárias e se encontra bastante anacrônico" (E4A, turma A).

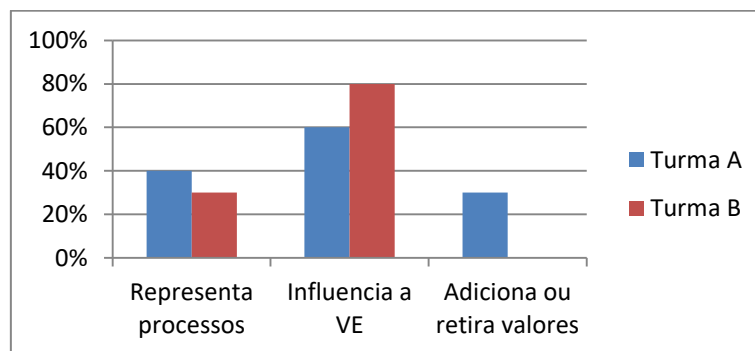
Alguns estudantes mencionaram dois ou mais pontos em relação a construção de modelos em LS2 e em LS3. Por tal motivo, a somatória das indicações no Gráfico ultrapassa 100%. Por exemplo, a estudante E15B mencionou: "Interpretar os textos e saber identificar as variáveis e influências" (E15B, turma B). Outra estudante discorreu: "Em desenvolver modelos a partir de textos e entender as influências negativas" (E20A, turma A). Então, neste caso, as repostas das estudantes se encaixaram em duas categorias: 'Tradução de modelos' e 'Influências'.

#### **7.5.4.2 Entendimento dos estudantes sobre as Influências diretas**

O entendimento dos conceitos relacionados às influências diretas é fundamental para a compreensão dos aspectos dinâmicos do sistema. E com esta questão do questionário foi possível captar informações sobre a compreensão dos estudantes sobre

este assunto. A partir dos dados coletados, estabelecemos três grupos de respostas encontradas para se referir as Influências diretas: a- representam processos; b- influenciam a variável de estado; c- adicionam ou retiram valor do estoque. A referência quantitativa de respostas pode ser visualizada na Figura abaixo:

**Figura 7.70:** Conceito de Influências diretas, na concepção dos estudantes.



Fonte: elaborada pelo autor.

As influências diretas representam os efeitos dos processos por meio de taxas e variáveis de estado. As taxas retratam os fluxos, e sempre estão relacionadas a um período de tempo. Já as variáveis de estado podem ser entendidas como a representação de um Estoque, que pode aumentar ou diminuir, dependendo do tipo de influência proveniente da Taxa. Então podemos perceber que as respostas dos estudantes tangenciaram o significado correto sobre as influências diretas. No entanto, as respostas foram mais curtas e, na maioria delas, abrangeram apenas uma das categorias demonstradas no gráfico.

Na turma B, apenas um estudante mencionou duas das categorias citadas: "É o I+ e o I- utilizado para representar processos. Quando uma taxa influencia diretamente uma variável de estado" (E3B, turma B). Nesse caso, a estudante mencionou as influências como representação de processos (primeira coluna do Gráfico) e, ainda, que essa representação acontece pelas taxas que influenciam as variáveis de estado.

Os demais estudantes da turma B, apontaram sempre apenas uma das categorias citadas. A maioria das respostas, assim como na turma A, relacionaram as influências diretas como a representação das taxas influenciando as variáveis de estado (Estoques, na linguagem dos estudantes), por exemplo: "Que apenas influenciam estoques" (E1B, turma B); ou "É o que influencia o estoque diretamente" (E14B, turma B).

Na turma A, também tivemos concepções que abrangeram mais de uma categoria, daquelas mencionadas no gráfico. Por exemplo: "Existem dois tipos: I+ que

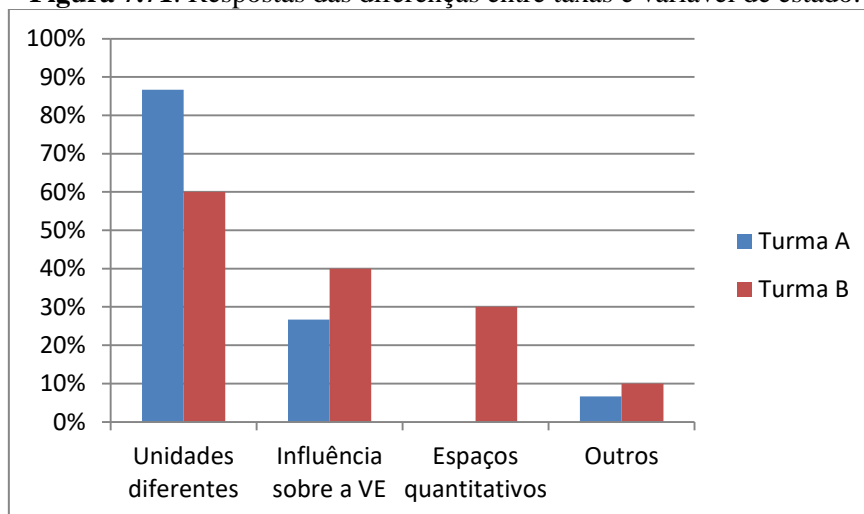
significa somar durante certo tempo e I- que significa diminuir durante um certo tempo. Eles representam os processos do sistema." (E16A, turma A). Nessa situação, a resposta foi contabilizada para as categorias 'Representa processos' e 'Adiciona ou retira valores'. Além disso, somente na turma A foi mencionada em relação as influências diretas ser utilizadas para somar ou retirar valores da variável de estado. Por exemplo: "Que a influência direta tem como proposto adicionar ou retirar valores em seu estoque". E com efeito, as influências podem ser positivas ou negativas (I+ ou I-), sendo que o I+ significa que valores são adicionados na variável de estado (estoque); e o I- implica em dedução de valores da variável de estado. Então, a variável de estado é a responsável por descrever o estado do sistema.

Por conseguinte, embora as respostas não possuam a amplitude e complexidade do conceito de influências diretas, os estudantes foram capazes de se expressarem sobre o assunto. Na seção posterior, 7.5.4.3, apresentaremos as respostas, sobre esse assunto, a partir das entrevistas e GDs.

#### 7.5.4.3 Diferenças entre Taxa e Variável de Estado

A partir das respostas dos estudantes, em relação às diferenças entre Taxa e Estoque, foi possível elaborar quatro grupos distintos: a) Unidades diferentes; b) Influência sobre a Variável de Estado; c) Espaços quantitativos; d) outros. Considerando que alguns estudantes mencionaram mais de um desses grupos, o valor numérico da porcentagem ultrapassou 100%, conforme podemos visualizar na Figura 7.71.

**Figura 7.71.** Respostas das diferenças entre taxas e variável de estado.



Fonte: elaborada pelo autor.



Como é possível notar pelo Gráfico acima, a maior parte dos estudantes, nas duas turmas, menciona a diferença entre taxa e variável de estado em relação às Unidades. Nessa categoria, os estudantes apresentam respostas mais diretas, por exemplos, "As unidades são diferentes" (E1A, turma A), ou ainda: "A diferença está nas unidades" (E7B, turma B). Mas outros estudantes relacionam a diferença de unidades pelo fato da taxa ser relacionada ao tempo, e o estoque não. A título de ilustração, podemos mostrar: "A taxa adiciona algo em função do tempo e o estoque recebe o que foi adicionado, sempre por um período de tempo." (E2A, turma A), ou também: "Taxa é um valor por unidade de tempo. Já o estoque ou variável de estado possui a mesma unidade de medida, porém sem o tempo." (E16A, turma A).

Na turma B também houve respostas relacionadas aos Espaços Quantitativos. A aluna aponta que "Taxa se usa o espaço quantidade de magnitude Zero e Plus. Estoque se usa o espaço quantitativo de magnitude grande, médio e pequeno." (E5B, turma B). Outras duas estudantes também mencionam: "Taxa se usa no espaço quantitativo de magnitude zero e plus. Estoque se usa em outros espaços quantitativos." (E12B, turma B), ou de forma mais sintética, "Espaço Quantitativo" (E8B, turma B).

Finalmente, criamos um último grupo de respostas, o qual intitulamos 'Outros'. Nesse caso tivemos um estudante de cada turma que mencionaram respostas que não se encaixaram em um dos três grupos, por exemplo: "Taxa é o processo que está sendo executado com determinada frequência e que vai inserir ou retirar valores do estoque. O estoque é o resultado dos processos das taxas." (E10A, turma A). A estudante mostra uma resposta confusa, e que faltou, talvez, repensar para se expressar melhor esses conceitos. Por exemplo, a estudante fala que "Taxa é o processo [...]", enquanto que, na verdade, a taxa representa um processo. A estudante utiliza a palavra frequência, possivelmente relacionando ao tempo. E ainda, evidencia que "O estoque é o resultado dos processos das taxas", e na verdade, o estoque é o resultado dos fluxos por unidade de tempo. E na turma B, uma estudante menciona "Não sei a diferença" (E1B, turma B), o que mostra, nitidamente, que não reconhece a diferença entre taxa e variável de estado.

Em relação aos três grupos de respostas mencionados (Unidades diferentes, Influências sobre a variável de estado, espaços quantitativos), consideramos coerente e corretas as respostas, o que indica que, por meio dos questionários, foi possível perceber que a maioria dos estudantes reconhecem as diferenças entre as taxas e variáveis de

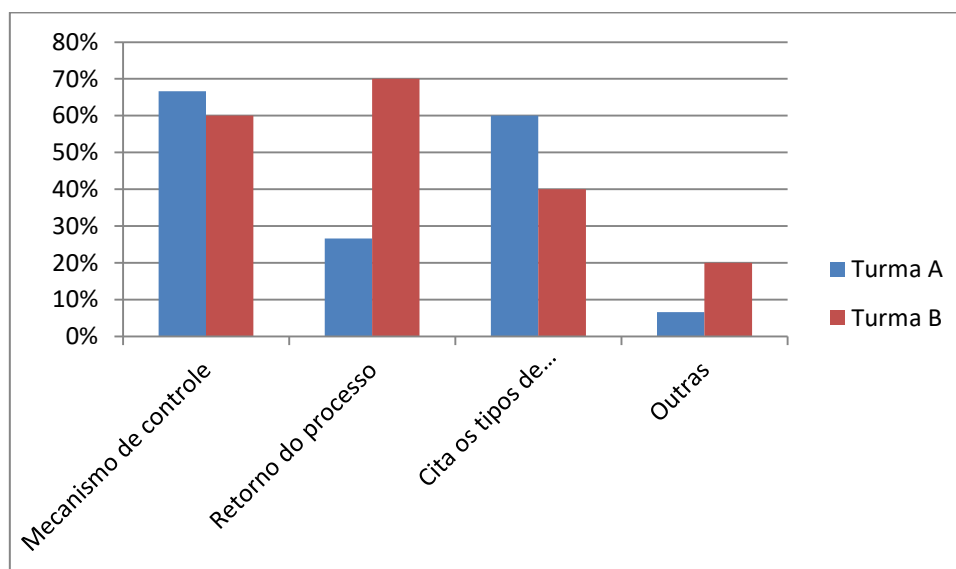
estado, ainda que seja em um dos três grupos. Apenas 6,67% da turma A e 10% da turma B não soube responder ou respondeu de forma confusa.

#### 7.5.4.4 Retroalimentação

O conceito de retroalimentação também é importantíssimo para a compreensão da Dinâmica de sistemas e para o desenvolvimento do pensamento sistêmico, como mostramos na Revisão, baseado em Richmond (1993). De acordo com as concepções dos estudantes sobre esse conceito, elaboramos quatro grupos de respostas: retroalimentação como Mecanismo de Controle (MC); retroalimentação como Retorno do Efeito dos Processos (REP); tipos de retroalimentação, Blanceadora e Reforçadora (BR); e outras.

O quantitativo de respostas em cada categoria pode ser acompanhado a partir da Figura abaixo.

**Figura 7.72.** Grupos de respostas para o conceito de retroalimentação.



Fonte: elaborada pelo autor.

Como mostra o Gráfico da Figura 7.72, a maioria dos estudantes mencionou a retroalimentação como mecanismo de controle do sistema. Grande parte da turma B apontou a Retroalimentação como o retorno dos efeitos dos processos, e a maior parte da turma A citaram os dois tipos de retroalimentação. Embora seja um conceito complexo, foi possível perceber que a maioria dos estudantes foi coerente nas respostas formuladas. Alguns deles mencionaram apenas uma das categorias elencadas, com respostas mais sucintas, do tipo: “É o mecanismo de controle do sistema” (E13A, turma

A), a qual pertence à categoria MC; ou ainda "É o retorno do Processo" (E8B, turma B), que encaixamos em REP.

Entretanto, a maioria dos estudantes explicitou mais de uma dessas categorias, como: "É quando tem controle balanceador ou reforçador no sistema" (E14B, turma A). Nesse caso, o estudante aponta o controle do sistema e também cita os dois tipos de retroalimentação. Por isso, a resposta ficou colocada nas categorias MC e BR. Uma outra estudante também menciona "Mecanismos de controle em que a ação dos objetos gera reações que terminam por atuar sobre esse mesmo objeto que causou a reação inicial" (E3B, turma B). Nesse caso, fica evidente o pertencimento à categoria MC, posto que a estudante inicia explicitando "Mecanismos de controle [...]", e ao final, aponta que a ação dos objetos "terminam por atuar sobre esse mesmo objeto que causou a reação inicial". Nessa parte da resposta, a estudante se refere ao retorno do efeito dos processos, pertencendo, então, também a categoria REP. Nos Quadros 5 e 6 abaixo, seguem as respostas dos estudantes com as respectivas categorizações.

**Quadro 5.** Categorização das respostas dos estudantes referente ao conceito de retroalimentação - Turma A.

<b>Estudante</b>	<b>Resposta</b>	<b>MC</b>	<b>RP</b>	<b>BR</b>	<b>Outros</b>
E1A	É a ação de um objeto que teve uma reação que atuou sobre o mesmo objeto inicial.		X		
E2A	Um mecanismo de controle das quantidades, e tem dois tipos que são a balanceadora e a reforçadora.	X		X	
E4A	Retroalimentação são influências que reforçam ou balanceiam outras quantidades.			X	
E7A	Mecanismo nos quais a ação de um objeto (ou propriedade desse objeto) provoca reações que terminam por atuar sobre esse mesmo objeto que causou a reação inicial.	X	X		
E8A	É um tipo de ação balanceadora ou reforçadora no sistema.	X		X	
E9A	É difícil explicar, pois, foi um ponto de muita dificuldade de entendimento para mim. Mas lembro que tem duas retroalimentações, a que reforça e a que balanceia o processo.	X		X	
E10A	Uma ação que balanceará ou reforçará o processo.	X		X	
E12A	É uma influência que vai reforçar ou balancear o modelo.			X	
E13A	É o mecanismo de controle do sistema.	X			
E15A	É usada entre quantidades para reforçar ou balancear o sistema.	X		X	
E16A	São mecanismos em que a ação de um objeto (ou propriedade desse objeto) provoca reações que terminam por atuar sobre esse mesmo objeto que causou a reação inicial.	X	X		
E17A	Não sei.				X
E19A	Existe a retroalimentação balanceadora e a retroalimentação reforçadora. É um mecanismo de controle das quantidades.	X		X	

E20A	É o retorno da informação ou do processo ocorrido no sistema.		X		
E22A	É um mecanismo que vai balancear ou reforçar o sistema.	X		X	

Fonte: elaborado pelo autor.

**Quadro 6.** Categorização das respostas dos estudantes referente ao conceito de retroalimentação - Turma B.

Estudante	Resposta	MC	RP	BR	Outros
E1B	Existem dois tipos: a que o ciclo não continua e a outra que o ciclo se reinicia novamente.				X
E3B	Mecanismos de controle em que a ação dos objetos gera reações que terminam por atuar sobre esse mesmo objeto que causou a reação inicial.	X	X		
E4B	É como se fosse um ciclo, seria para “repor” algo que está saindo e entrando nas taxas, devolvendo o efeito dos processos.		X		
E5B	É o retorno do processo para balancear ou reforçar o sistema.	X	X	X	
E7B	É um mecanismo que pode estabilizar o processo pela retroalimentação balanceadora, ou reforçar o processo, pela retroalimentação reforçadora.	X	X	X	
E8B	É o retorno do processo.		X		
E9B	É como se fosse um ciclo, serve para “repor” algo que está saindo ou entrando nas taxas.				X
E12B	É o retorno do processo para controlar o sistema.	X	X		
E14B	É quando tem controle balanceador ou reforçador no sistema.	X		X	
E15B	Existe dois tipos: balanceador e reforçador. Balanceador estabiliza os processos no sistema. Já o Reforçador reforça o efeito do processo.	X	X	X	

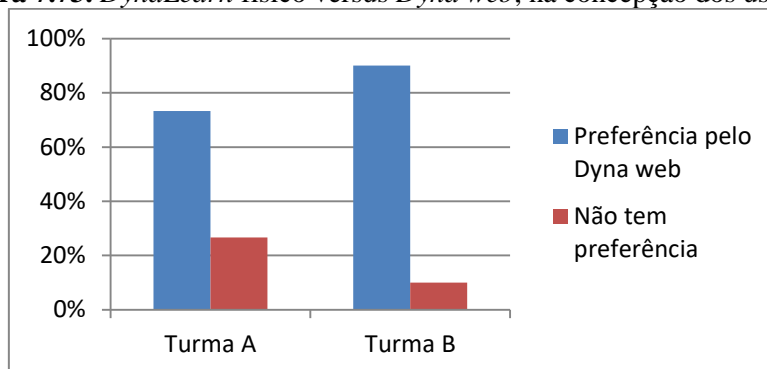
Fonte: elaborado pelo autor.

Ainda que poucas (turma A, 6,67%; turma B, 20%), recebemos respostas que não condizem com o conceito de retroalimentação. Nesse caso, as respostas se enquadram no grupo 'Outros'. Um único estudante da turma A não sabe o conceito, e menciona "Não sei" (E17A, turma A); e na turma B, as duas respostas: "Existem dois tipos: a que o ciclo não continua e a outra que o ciclo se reinicia novamente" (E1B, turma B); e "É como se fosse um ciclo, serve para “repor” algo que está saindo ou entrando nas taxas" (E9B, turma B). De fato, essas duas respostas não estão corretas. Um ponto que merece destaque foi que as duas estudantes mencionarem a questão do ciclo, como: "[...] o ciclo se reinicia novamente" e "repor algo que está saindo ou entrando nas taxas". Essas respostas mostram que as estudantes tentaram expressar que alguma coisa retorna o efeito. De qualquer forma, consideramos as respostas como incorretas e, portanto, estão categorizadas como 'Outros'.

#### 7.5.4.5 Apontamentos dos estudantes a partir da modelagem em *DynaLearn* físico e em *Dyna web*

Durante a intervenção, os estudantes modelaram no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*, sendo 22 aulas em cada uma das plataformas, de modo que eles tivessem acesso e tempo para desenvolverem os modelos nas duas versões. A Figura 7.73 abaixo mostra que os estudantes, em grande maioria, têm preferência por desenvolverem os modelos no *Dyna web*.

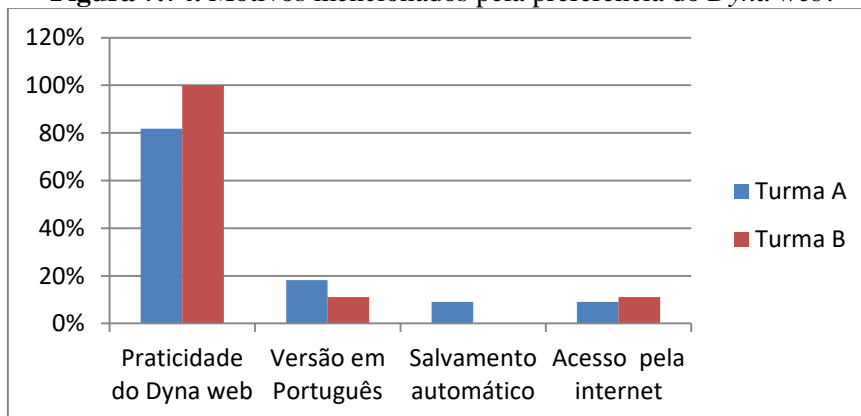
**Figura 7.73.** *DynaLearn* físico versus *Dyna web*, na concepção dos usuários.



Fonte: elaborada pelo autor.

Entre os motivos por que os estudantes mencionaram a preferência por utilizar o *Dyna web*, por ser mais prático e fácil de utilizar, com menos ícones do que o *DynaLearn* físico, e também não precisar de combinações de comandos para executar as funcionalidades da plataforma. Além disso, o *Dyna web* está na língua portuguesa, com salvamento automático na nuvem, e a possibilidade de trabalhar nos modelos em qualquer local que tenha acesso a internet. A Figura abaixo mostra, dentre os estudantes que preferem modelar no *Dyna web*, os motivos que mencionaram a referida versão de *DynaLearn*.

**Figura 7.74.** Motivos mencionados pela preferência do *Dyna web*.



Fonte: elaborada pelo autor.

Os estudantes E9A, E13A, E19A e E22A, da turma A, e o E14B, da turma B, não possuem preferência em construir modelos no *DynaLearn* físico ou no *Dyna web*. Por exemplo, a estudante E13A menciona "Eu adorei. É muito fácil de montar os modelos tanto no *Dyna* físico quanto no da web, além de ser divertido" (E13A, turma A). Outra estudante explicita "Trabalhar com cada uma das duas versões de *DynaLearn* foi muito bom e é muito fácil" (E22A, turma A).

No entanto, foram mencionadas também, algumas limitações, tanto em relação ao *Dyna web*, quanto ao *DynaLearn* físico. Em relação ao *Dyna web*, os estudantes E12A e E4A, ambos da turma A, apontaram que esta versão tem o login difícil de ser feito, inclusive o E12A sugere este ponto a ser melhorado nessa versão de *DynaLearn*: "Minha experiência com ambos os *DynaLeans* foram boas, mas acho que o *Dyna web* é bem melhor de se usar, só precisam facilitar o login" (E12A, turma A). A estudante E8B, da turma B, aponta que, embora modelar no *Dyna web* seja mais fácil, o modelador ficará dependente da conexão: O *DynaLearn* físico "é uma versão mais complexa, mas não se tem o problema de conexão" (E8B, turma B). Com efeito, o *DynaLearn* físico opera sem necessidade de conexão com a *internet*, ao contrário do *Dyna web*.

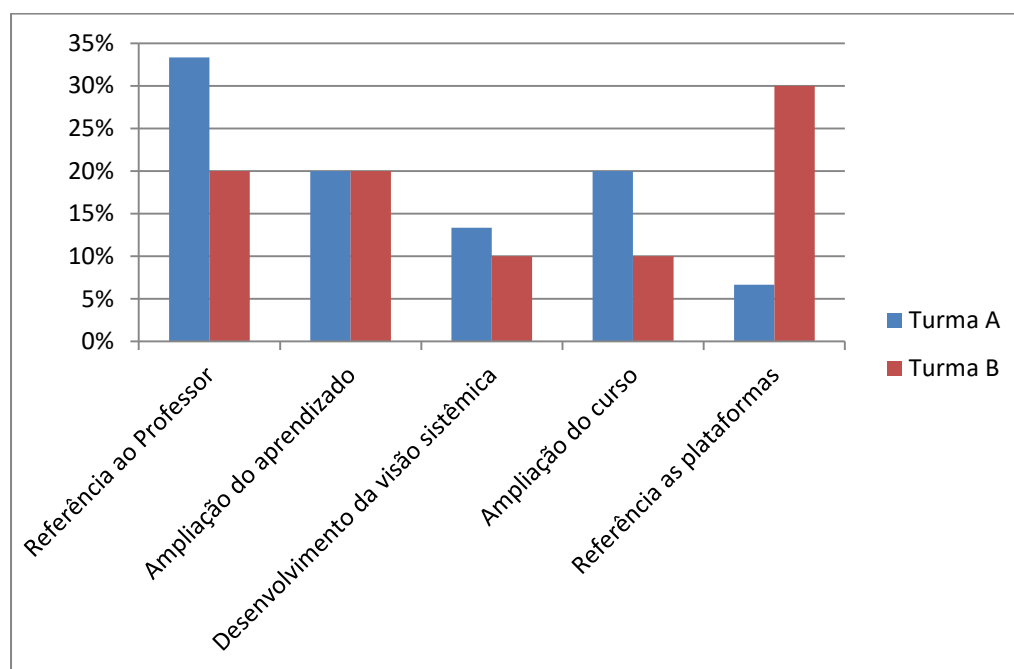
Em relação ao *Dyna* físico, também foram apontadas algumas limitações, por exemplo: a interrupção do funcionamento do *software*, ocasionando o fechamento da tela e a perda dos modelos não salvos. O estudante E2A aponta que a versão física "[...] trava e é mais complexa" (E2A, turma A). Outro estudante menciona: " O *DynaLearn* físico se encontra anacrônico, com diversos bugs e erros que fecham o software [...]" (E4A, turma A). Outro estudante diz que "A versão física possui problemas em fechamentos e travamentos, sendo muito inferior a sua versão web" (E17A, turma A). De fato, isso acontece especialmente quando são apertadas teclas não reconhecidas pelo *DynaLearn* físico. O programa trava ou, geralmente, fecha automaticamente o programa. Outra limitação da versão física, como aponta a estudante E7A se refere que a versão física está toda na Língua inglesa, e dificulta para que não tem nenhuma base do idioma: "A física tive um pouco de dificuldade, pois não sei nada de inglês [...]" (E7A, turma B).

As repostas dos estudantes em relação a questão 4 do questionário final estão disponíveis no Apêndice L deste texto.

### 7.5.5 Seção 5 do questionário: comentários gerais não mencionados na avaliação

Nessa seção oportunizamos aos estudantes escreverem sobre aquilo que eles consideram importante, mas que não foi mencionado no questionário. Como foi uma seção discursiva, e sem ter questões formalizadas de pergunta e respostas, os estudantes poderiam ou não fazer os comentários. Dessa forma, seis estudantes da turma A e quatro da turma B não fizeram comentários. A partir das respostas, fizemos a classificação em seis grupos: referência à importância do Professor no trabalho de modelagem (RP), ampliação do aprendizado por meio da modelagem qualitativa (AP), desenvolvimento da visão sistêmica (VS), ampliação da proposta de curso (AC), o uso das plataformas de modelagem (PM). A Figura abaixo mostra os resultados referente à questão 5 do questionário:

**Figura 7.75.** Grupos de respostas ‘comentários gerais’.



Fonte: elaborada pelo autor.

Nessa questão foi possível perceber que os estudantes reconhecem a importância do Professor para motivar e conduzir atividades da modelagem. De fato, a construção de modelos não é trivial, exige concentração, raciocínio, dedicação, familiaridade com as plataformas de modelagem e muita prática. Pequenos erros são suficientes para que os estudantes cansem, e até desistam, das atividades, principalmente no início. Com isso, se torna fundamental a função de conduzir a aula e orientar as atividades sem retirar dos

estudantes uma das características fundamentais da modelagem: o protagonismo no processo de ensino-aprendizagem. E isso é reconhecido pelos estudantes, como podemos ver nos relatos abaixo: "No início achei difícil, mas o Professor nos incentivou muito em modelar para melhorarmos a nossa forma de enxergar o mundo. Gostei muito e queria ter mais aulas com o *DynaLearn* e o *Dyna web*" (E15B, turma B). Outro exemplo: "Durante todo o curso o Professor estava totalmente disposto a tirar dúvidas e explicar os pontos com maior dificuldade" (E10A, turma A).

Alguns estudantes também mencionaram a modelagem como uma forma de ampliar os conhecimentos acadêmicos e colaborar para o aprendizado das disciplinas escolares. Por exemplo, a E9B menciona "[...] Gostaria de fazer mais vezes o curso para construir modelos e aprender os conteúdos que temos dificuldades" (E9B). Outra estudante afirma: "[...] Foi muito bom poder ampliar o meu campo de conhecimento. Muito obrigada pela oportunidade" (E13A). Além disso, apontam também o desenvolvimento da criticidade, na forma de enxergar as inter-relações no mundo. Por exemplo, o estudante E4A mostra que o curso "trouxe aprendizado e uma visão sistêmica dos problemas que vemos todos os dias" (E4A, turma A). Outra estudante, da mesma turma também relata que "Foi muito bom fazer o curso, pois pude ampliar meus conhecimentos e ter uma visão diferente quando for analisar os contextos reais. Muito obrigada Professor, foi ótimo!!!" (E7A).

Foi mencionada também a questão da ampliação do curso, tanto na carga horária, na abrangência de turmas da escola e também em outras escolas. A estudante E7B aponta como sugestão: "Mudar o horário, de modo a aumentar as aulas do curso; disponibilizar as outras turmas e/ou escolas; fora isso não tem nenhum outro ponto, pois o curso foi ótimo e atendeu todas as expectativas" (E7B). Outro estudante também sugere que "acho que deveria ter maior tempo de curso para podermos entender alguns conceitos difíceis" (E9A). Em relação a ampliar o curso para aprofundar em conceitos mais complexos, a estudante E10A menciona: "Os últimos temas abordados: agentes, variáveis exógenas, por terem sido pouco falados, acho que poderiam ter sido entendidos de uma maneira melhor e entenderíamos melhor quando e como devem ser utilizados" (E10A). Realmente, esses foram dois conceitos trabalhados mais ao final do curso. Tanto os Agentes, quanto as variáveis exógenas, são fundamentais para ampliar no nível representação e abrangência dos fenômenos/processos da natureza. Com efeito, os Agentes mostram a influência externa ao sistema, mas não influenciada por este sistema, e a variável exógena permite modelar o comportamento crescente, decrescente,



randômico, ou cíclico do processo a ser representado. Então, pela importância e, ao mesmo tempo, complexidade dos termos, é fundamental que o professor explore e aprofunde tais assuntos no início de trabalhos com o LS4.

Alguns estudantes também mencionaram, na seção 5 do questionário final, o uso das plataformas de modelagem, *DynaLearn* e o *Dyna web*. Em relação a isso, o estudante E9B aponta que "O curso foi bom e gostei bastante da experiência em modelar no *DynaLearn*" (E9B). A estudante E4B também sugere que "Outros professores poderiam utilizar o *DynaLearn* e o *Dyna web* nas aulas, porque é uma forma de aprender mais" (E4B).

O Estudante E19A, ainda no que tange às plataformas de modelagem, menciona falhas no funcionamento do *DynaLearn* físico: "Em nossas aulas o *DynaLearn* físico apresentou falhas contínuas por causa de seu próprio software, já o *Dyna web* se apresenta com funcionalidade estável" (E19A). De fato, especialmente quando o modelador aperta teclas diferentes daquelas reconhecidas pelo software, o programa pode paralisar o funcionamento.

Tivemos, ainda, uma estudante da turma B que ressaltou o que já havia mencionado na avaliação final, em relação a complexidade da modelagem. O estudante E8B afirma: "Como já havia comentado, achei complexo para o nosso entendimento" (E8B). Por isso, em atividades e proposições que enveredam nessa linha de trabalho, é fundamental planejamento do professor e um trabalho contínuo que insere os estudantes em atividades constantes com a construção de modelos. É nessa linha que tenha talvez o principal ponto de orientação aos futuros trabalhos desta natureza: o planejamento e um conjunto amplo de materiais que possibilitam versatilidade e dinamismo das aulas. É este repertório que alcançará a gama de assuntos a serem trabalhados na modelagem e na escola, possibilitando que os estudantes sejam, de fato, ativos no processo de aprendizagem.

## **7.6 Etapa experimental da pesquisa**

A aplicação dos pré e pós testes constituiu a parte experimental da pesquisa, e teve por objetivo verificar, estatisticamente, se a construção e a manipulação de modelos qualitativos contribuíram para a compreensão dos estudantes sobre a estrutura e o funcionamento de sistemas.

### 7.6.1 Resultados das análises estatísticas

Foram aplicadas oito avaliações, sendo quatro Pré e quatro Pós-testes. Seguimos as orientações, citadas na metodologia deste texto (RIJO, 2008; COHEN; MANION; MORRISON, 2011), sobre a elaboração e aplicação dos testes. Diante disso, os pré e os pós tiveram o mesmo conteúdo, com perguntas diferentes. E, durante a aplicação, foram destinados entre 10 e 25 minutos para que o teste fosse respondido. As avaliações encontram-se no Apêndice H.

Os testes foram realizados em LS2, LS3 e em LS4 de *DynaLearn*, com questões envolvendo a estrutura e o funcionamento de sistemas, desde os mais simples, àqueles mais complexos, com representação de processos. Garantimos que o mesmo grupo de estudantes fosse submetido às análises, sendo uma antes e outra após o tratamento<sup>18</sup>. Abaixo é apresentado um quadro resumo dos testes realizados.

**Quadro 7.** Quadro resumo dos testes realizados.

Teste	Nível	Tipo de questões	Objetivo principal do teste
1	LS2	1- analisar modelos em LS2, reconhecendo os elementos e prevendo o comportamento do sistema modelado; 2- Fazer inferências a partir de modelos; 3- tradução de modelos verbais.	Verificar se os estudantes são capazes de identificar a estrutura e reconhecer o funcionamento de sistemas em LS2.
2	LS2	1- construir modelos em LS2, a partir de texto problematizador; 2- interpretar os resultados de um modelo qualitativo.	Verificar se os estudantes são capazes de construir modelos causais básicos e reconhecer o funcionamento desses sistemas.
3	LS3 e LS4	1- interpretar o comportamento de um sistema por meio de gráficos cartesianos; 2- reconhecer os efeitos das magnitudes e derivadas em modelos feitos em LS3 e em LS4.	Verificar se os estudantes são capazes de compreender o funcionamento de sistemas em LS3 e em LS4.
4	LS4	1- representar processos; 2- analisar a coerência entre as unidades de medidas para identificar taxas e variáveis de estados; 3- interpretar gráficos cartesianos; 4- explicar como os processos determinam o comportamento de um sistema.	Verificar se os estudantes são capazes de identificar a estrutura e reconhecer o funcionamento de sistemas em LS4.

Fonte: elaborado pelo autor.

<sup>18</sup> O sentido do termo 'tratamento', aqui mencionado, se refere a práticas constantes de modelagem, após o pré-teste, envolvendo os mesmos conceitos explorados de *DynaLearn*, mas com modelos e materiais didáticos diferentes.

Como já mencionado na metodologia, as análises estatísticas foram feitas a partir do teste de Wilcoxon. Para isso, foi utilizado o programa SPSS [em inglês, *Statistical Package for the Social Sciences*].

Foi estabelecido o nível de significância de 5% (0,05) para as análises e a rejeição, ou aceitação, da hipótese nula foi dada pelo valor de *psig* no teste de Wilcoxon. Para valores de *psig* maiores que 0,05 ou 5%, as diferenças são tidas como não significativas. Isso significa que os resultados das amostras comparadas não podem ser distinguidos do ponto de vista da análise estatística. Valores de *psig* menores que 0,05 indicam que as diferenças são significativas.

Os resultados das duas turmas foram resumidos e apresentados nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2.** Resultados do teste de Wilcoxon na turma A.

Teste	Somatória de pontos dos testes	Média do Pré-teste	Média do Pós-teste	Valores de <i>psig</i>	Significância
1	20,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 15,56$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 18,13$	<i>psig</i> < 0,05	Sim
2	30,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 23,00$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 27,47$	<i>psig</i> < 0,05	Sim
3	15,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 10,29$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 13,29$	<i>psig</i> < 0,05	Sim
4	20,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 15,40$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 17,65$	<i>psig</i> < 0,05	Sim

Fonte: elaborada pelo autor.

**Tabela 3.** Resultados do teste de Wilcoxon - turma B.

Teste	Somatória de pontos dos testes	Média do Pré-teste	Média do Pós-teste	Valores de <i>psig</i>	Significância
1	20,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 12,54$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 18,46$	<i>psig</i> < 0,05	Sim
2	30,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 21,53$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 27,73$	<i>psig</i> < 0,05	Sim
3	15,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 8,62$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 11,54$	<i>psig</i> < 0,05	Sim
4	20,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 14,29$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 17,65$	<i>psig</i> < 0,05	Sim

Fonte: elaborada pelo autor.

A análise estatística dos resultados obtidos em todos os testes, nas turmas A e B indica que houve diferenças significativas entre os respectivos pré e pós-testes. Assim, a construção e a manipulação de modelos resultaram em diferenças estatisticamente significativas na melhora do desempenho dos estudantes sobre a estrutura e o funcionamento de sistemas.

Com efeito, a construção de modelos, durante a intervenção, por parte dos estudantes, foi a base principal da proposta. Os resultados indicam que o tratamento experimental, com práticas de modelagem sobre diversos temas, favoreceu o desenvolvimento da compreensão dos estudantes sobre sistemas.

É importante mencionar que a complexidade na modelagem foi explorada de forma crescente, iniciando com sistemas simples, em LS1 e em LS2. Após a familiaridade dos estudantes com modelos mais simples, o nível de complexidade foi aumentado para sistemas em LS3, os quais já evidenciam a dinâmica, e finalmente, atividades em LS4, com processos e *feedbacks*. Inclusive, a maior parte das atividades de intervenção foi realizada em LS4, evidenciando as aplicações [*Transfer*]<sup>19</sup> de conceitos mais complexos e estruturas de sistemas mais simples, feitos em níveis anteriores de *DynaLearn*. Essa aplicação envolve a real compreensão dos estudantes sobre os fenômenos estudados, em vez de apenas memorizar fatos, regras ou seguir um roteiro de procedimentos (HALPERN, 1998). E assim fizemos: 18 aulas foram destinadas à unidade 5 (modelos em LS4) e 12 destinadas à unidade 6 (projeto de modelagem), com práticas predominantemente em LS4.

### 7.6.2 Análise comparada dos resultados por categorias

As questões dos testes, disponíveis no Apêndice H, aplicados abrangem-se quatro categorias importantes para a compreensão de sistemas: a) Estrutura de sistemas, b) Previsão e explicação do comportamento de sistemas; c) Predições de resultados com efeitos causados por processos antagônicos; d) Construção de modelos [desde os mais simples, aos mais complexos]. Por meio dessas categorias, foi possível agregar resultados de diferentes testes e aplicar novamente o teste estatístico de Wilcoxon. Com essa ação foi possível verificar se, nas referidas categorias, houve ou não diferença significativa.

**Quadro 8.** Itens avaliados nas categorias elaboradas.

<b>Categoria</b>	<b>Objetivos avaliados</b>	<b>Questões das avaliações</b>
<b>Estrutura do sistema (ES)</b>	a) Identificar entidades, quantidades, configurações, espaços quantitativos, valores possíveis para as derivadas.	Exercício 1 (avaliação 1); Exercícios 2 e 3 (Avaliação 3).

<sup>19</sup> Em textos na Língua Inglesa, que se tratam de ‘aplicações’ de conceitos e conhecimentos em diferentes contextos (por exemplo, em situações do mundo real), é comum se referenciar a palavra ‘Transfer’. Esta palavra pode ser traduzida, de forma literal para a Língua Portuguesa, como ‘Transferência’. Porém, nesta Tese, quando necessário, utilizaremos o termo ‘aplicação’.

	b) Reconhecer os efeitos das magnitudes e derivadas.	
<b>Previsão e explicação do comportamento do sistema (PECS)</b>	a) Interpretar resultados de simulações. b) realizar inferências e explicar o comportamento de sistemas.	Exercício 2 (avaliação 1); Exercício 2 (Avaliação 2).
<b>Previsão de resultados com efeitos causados por processos antagônicos (PREPA)</b>	Interpretar como os processos antagônicos determinam o comportamento de um sistema.	Exercício 1 (avaliação 3); exercícios 2 e 3 (avaliação 4).
<b>Construção de modelos (CM)</b>	Construir modelos em LS2, LS3 e em LS4.	Exercícios 3 e 4 (avaliação 1); Exercício 1 (avaliação 2); Exercício 1 (avaliação 4)

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados das duas turmas foram resumidos e apresentados nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4.** Resultados do teste de Wilcoxon a partir de categorias na turma A (n = 22).

<b>Categoria</b>	<b>Somatória de pontos/ categoria</b>	<b>Média/ Pré-testes</b>	<b>Média/ Pós-testes</b>	<b>Valores de psig</b>	<b>Significância</b>
<b>ES</b>	15,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 7,38$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 10,10$	psig<0,05	Sim
<b>PECS</b>	19,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 12,86$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 14,29$	psig<0,05	Sim
<b>PREPA</b>	14,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 9,04$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 11,12$	psig>0,05	Não
<b>CM</b>	37,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 23,38$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 28,33$	psig<0,05	Sim

Fonte: elaborada pelo autor.

**Tabela 5.** Resultados do teste de Wilcoxon a partir de categorias na turma B (n = 17).

<b>Categoria</b>	<b>Somatória de pontos/ categoria</b>	<b>Média/ Pré-testes</b>	<b>Média/ Pós-testes</b>	<b>Valores de psig</b>	<b>Significância</b>
<b>ES</b>	15,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 6,06$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 9,44$	psig<0,05	Sim
<b>PECS</b>	19,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 14,75$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 16,75$	psig<0,05	Sim
<b>PREPA</b>	14,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 8,47$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 9,65$	psig>0,05	Não
<b>CM</b>	37,0 pontos	$\bar{X}_{\text{Pré-teste}} = 21,47$	$\bar{X}_{\text{Pós-teste}} = 30,76$	psig<0,05	Sim

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados indicam que, em ambas as turmas, houve diferenças significativas entre os respectivos pré e pós-testes nas categorias 'ES', 'PECS' e 'CM'. No que se refere à categoria 'Previsão de resultados com efeitos causados por processos antagônicos', os

testes não deram diferença significativa. Ou seja, não houve diferença no desempenho dos estudantes entre os Pré e os Pós-testes, dessa categoria. Nessa categoria, o teste foi composto por três questões. Nas duas primeiras<sup>20</sup> não teve diferença significativa porque os estudantes tiveram bom desempenho no par de testes. No entanto, na terceira questão<sup>21</sup>, os estudantes não tiveram bons resultados. Isso aconteceu porque o exercício, formulado por nós, não foi suficientemente claro.

### 7.7 Resultados obtidos com as entrevistas<sup>22</sup>

Os estudantes foram convidados, por adesão, a participarem da entrevista. No total foram 14 alunos, sete de cada turma, que se disponibilizaram a serem entrevistados. Reforçamos que, por conta da característica das entrevistas semiestruturadas, tivemos um roteiro básico para nortear essas atividades (disponível no Apêndice D). Geralmente tínhamos questões mais amplas/gerais, que conduziam as falas dos entrevistados. Às vezes, foi necessário pedir esclarecimentos para o que não foi compreendido durante a fala do participante, e detalhes mais concretos aos exemplos mencionados. Por esta razão, houve variações no tempo das entrevistas, de 6 a 13 minutos, cada uma.

Embora tenhamos estabelecido o território a ser explorado, permitindo que o pesquisado o tome da maneira que desejar, buscamos não perder o foco da entrevista, e quando necessário, redirecionamos as questões propostas. Essas perguntas versaram sobre as concepções das atividades de modelagem e as plataformas de *DynaLearn*, a construção de modelos feitos em LS1, LS2, LS3 e LS4, a complexidade dos conceitos abordados no curso, o desenvolvimento da visão de mundo dos estudantes, e a relação da modelagem com os conteúdos escolares. A partir dessas questões foi possível distinguir quatro categorias: a) Concepções dos estudantes sobre as atividades de modelagem (Questões 1, 2, 10, 11); b) Construção de modelos (Questões 3, 4, 5, 6, 7); c) Dificuldades em conceitos da modelagem (Questões 8, 9); d) Reconhecimento de processos (Questões 12 e 13).

---

<sup>20</sup> As duas primeiras questões da categoria PREPA foi composta pelo exercício 1 [avaliação 3] e o exercício 2 [avaliação 4]. Essas atividades estão disponíveis no Apêndice H.

<sup>21</sup> Exercício 3 da avaliação 4 (Apêndice H).

<sup>22</sup> Para a exposição dos relatos, utilizamos o seguinte padrão: 1- para relatos dos participantes da pesquisa com menos de três linhas, utilizaremos as aspas, com continuidade no texto; 2- para relatos com mais de três linhas, faremos o recuo de quatro centímetros e alteraremos a fonte do texto; 3- para discursos contínuos com interlocução de pesquisador e participantes, faremos o recuo, independente da quantidade de linhas.

### 7.7.1 Resultados das entrevistas com os estudantes da Turma A

Nessa seção são apresentados os resultados dos estudantes que participaram das entrevistas, na forma de transcrição dos relatos. Pela quantidade de relatos e informações das entrevistas, optamos por apresentar os principais resultados coletados. Faz-se importante mencionar que as transcrições completas das entrevistas estão disponíveis no apêndice F.

#### **Categoria 'Concepções dos estudantes sobre as atividades de modelagem'.**

No que se refere à primeira categoria 'Concepções dos estudantes sobre as atividades de modelagem', os estudantes da turma A declaram que gostaram da experiência de trabalhar com a modelagem qualitativa, e os motivos são os mais variados. Por exemplo, alguns estudantes mencionam a construção de modelos, sem especificar o espaço de aprendizagem, como: "Sinceramente eu gostei de criar os modelos" (E21A). Outros mencionam o espaço de aprendizagem de *DynaLearn* que gostaram de criar modelos, como é o caso dos estudantes E3A e E18A, que demonstram ter gostado de fazer modelos em LS4: "eu gostei mais principalmente da parte do LS4 porque é assim, uma coisa bem real que a gente consegue enxergar situações e processos através de uma máquina" (E3A); ou ainda, "Eu gostei principalmente do LS4 porque ele tem uma forma mais ampla de você ver os processos, aí meio que você entende mais" (E18A).

Como mencionado anteriormente, fazer modelos é representar conhecimentos, a partir daquilo que seja relevante no mundo real. E para o estudante E11A isso foi um dos principais pontos que chamou sua atenção, como mostra o relato: "ah! principalmente eu gostei de conseguir identificar aquilo que é mais relevante na realidade e no mundo para representar em um modelo" (E11A).

Além da construção de modelos, é mencionado também o fato de trabalhar com simulações. O estudante E5A aponta: "Até o momento eu gostei principalmente das simulações feitas no *DynaLearn*. A gente consegue prever vários acontecimentos usando o software" (E5A).

Além disso, outros estudantes relacionam a capacidade de fazer modelos para aprimorar as possibilidades para resolver situações problemas, por exemplo:

A possibilidades da gente poder resolver problemas simples e problemas mais complexos. No início a gente começou vendo problemas simples mas ao longo do tempo a gente foi vendo coisas mais complexas, como a falta de água devido a vários processos envolvidos, e não apenas a falta de chuva. Isso pode ajudar no futuro em muitos problemas sem precisar fazer cálculos, apenas analisando o comportamento das coisas. Isso no futuro pode ser usado até em grandes empresas e no mundo todo como uma forma de solucionar problemas (E6A).

Nessa mesma linha de raciocínio o estudante E14A também menciona a questão de colaborar na tomada de decisões, como mostra o trecho abaixo:

Eu gostei mais de construir modelos e fazer simulações [...] por exemplo, e esses modelos podem ajudar nos meus projetos, trabalhos aqui na escola, é utilizar a inteligência artificial para ajudar na tomada de decisões em problemas nos trabalhos da escola" (E14A).

Quando os estudantes foram questionados sobre o que não gostaram no curso de modelagem, nenhum dos estudantes mencionou pontos a melhorar. A pergunta foi até reforçada, por parte do entrevistador, inclusive sobre carga horária, turno, metodologia do curso; porém 100% dos estudantes da turma A que foram entrevistados, não fizeram considerações sobre aspectos que poderiam ser melhorados no curso. A literatura reconhece que uma limitação das entrevistas se refere à intimidação dos participantes em talvez não se expressarem como gostariam. Dessa forma, na seção 6.5 apresentaremos os resultados do Grupo de Discussão, em que os estudantes responderam, novamente a essa questão, porém, em grupos.

Na questão 10, os estudantes foram questionados sobre as atividades de modelagem no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*. Alguns estudantes visualizam o *Dyna web* como uma versão mais atualizada, fácil de ser manipulada, não gera erros na plataforma, e também possibilita salvar os modelos automaticamente. Alguns relatos demonstram tais concepções:

Eu acho *Dyna web* mais fácil porque nele você pode salvar os modelos mais fácil, é salvo automaticamente. Por exemplo no *Dyna* físico ele ainda tem alguns bugs que você aperta alguma tecla diferente e ele fecha. Isso é péssimo porque as vezes a gente tem um modelo lá quase pronto e fecha tudo [...] ele dá um erro e fecha e no *Dyna web* não acontece isso né? (E18A).

Porque, por exemplo, quando você clica para adicionar quantidade você não precisa entrar em uma outra aba para definir o nome e outras características, você já faz direto. E além do *Dyna web* que já vai salvando automaticamente ao passar do tempo porque ameniza o risco de você acabar perdendo por uma queda de energia, algum erro no software. E o *Dyna* físico eu não sei o que acontece mas tem um problema nele que ele fecha constantemente. E no



físico tem que apertar o “shift” para fazer a ligação entre as entidades e outras coisas (E14A).

Outro ponto vista, como vantagem do *Dyna web* é mencionada pelo estudante E5A: "Mais fácil eu achei o *Dyna web*, porque além de eu não poder ter o *DynaLearn* em casa, porque minha máquina acaba não sendo muito boa, eu ainda consigo acessar ele de diferentes lugares. Então eu acho isso um ponto considerável" (E5A).

Por fim, uma estudante mostra que *Dyna web* tem a vantagem em relação à personalização da página que identifica o cenário, o grafo e o diagrama da história de valores em uma única tela:

Eu gostei mais do *Dyna web* porque tipo, no físico quando a gente coloca simulação a gente não consegue ver como está o modelo, o grafo e aquele diagrama dos valores, como que é direitinho. Mas no web a gente vê tudo direitinho, o modelo funcionando com o grafo e a história dos valores [...] é na verdade o cenário. Quando a gente roda o simulação, consegue ver várias trajetórias juntas e quando troca a trajetória, muda também os resultados no diagrama de valores. Isso é muito bom no *Dyna web* (E6A).

Porém a estudante também percebe uma desvantagem no *Dyna web*:

Uma desvantagem do *Dyna web* é que por exemplo se eu coloco a influência positiva, mas na verdade deveria ter colocado negativa, aí eu tenho que ir lá e apagar a influência e colocar outra. No *DynaLearn* físico pode apenas trocar o tipo de influência. Mas isso também não é uma coisa muito difícil, é só isso de desvantagem que vejo (E6A).

Em relação à última questão da categoria 'Concepções dos estudantes sobre as atividades de modelagem', os estudantes foram perguntados se eles gostariam de participar de uma nova edição e se tinham sugestões para melhorar o projeto. Todos os estudantes da turma A indicam ter disposição para participar em outras edições do projeto.

Os estudantes E18A, E3A e E14A gostaram do curso da forma que foi ofertado. Os outros estudantes tiveram sugestões, em relação a aumentar os dias da semana para práticas de modelagem, por exemplo: "Assim, talvez acrescentar dias da semana porque aí agora a gente poderia aprofundar em mais temas e ter mais horas de prática de modelagem" (E21A); iniciar o curso com o *Dyna web*, Outro estudante sugere iniciar com o *Dyna web*: "Começar o curso direto com o web por ser mais simples de usar [...] ele já está até em português. Tipo, é mais atual" (E11A); e ainda atualizar o *DynaLearn*

físico e pensar em momentos de apresentação dos fundadores do *DynaLearn* com os estudantes.

Eu acho que com o tempo o software do *DynaLearn* físico precisa ser aperfeiçoado, como está o *Dyna web*. Sem tantos comandos, sem ficar travando e fechando a tela, porque a gente acaba perdendo os modelos. Mas mesmo assim, o software ele tem muito futuro, ele consegue ter essa interação com as outras matérias então acho perfeito pra usar em ensino médio. E não só no ensino médio, acho que em todo ensino básico também (E5A).

É não sei se poderia trazer para a sala de aula as pessoas que fundaram o programa de outro país porque acho que seria muita injustiça porque por exemplo eu sei falar inglês, minha primeira língua. Já outras pessoas não sabem nem o básico mas eu acho interessante para aquele grupinho de pessoas que querem conversar ou que pelo menos vê como foi fundado todo esse negócio, onde surgiu a ideia, seria interessante (E6A).

### **Categoria 'Construção de modelos'**

Em relação à construção de modelos, os estudantes tiveram práticas de modelagem nos níveis LS1, LS2, LS3 e LS4. Os estudantes reconhecem que o LS4, em relação aos outros três espaços de aprendizagem de *DynaLearn*, é "bem mais complexo, é mais real" (E18A). E, pelos relatos, os estudantes também gostam de modelarem fenômenos mais próximos da realidade: "Eu gosto de analisar as situações que acontece na vida real e a gente pode passar essas informações para uma máquina" (E3A). O estudante E5A também evidencia esta consideração:

Os modelos feitos em LS4 são bem mais detalhados, mais completos. A gente consegue ter um aperfeiçoamento de previsões. Então enquanto que nos modelos anteriores eram bem mais abstratos pra gente pegar bem esse ritmo, no LS4 a gente já consegue fazer modelos que são detalhados e que preveem acontecimentos em determinados estados (E5A).

No geral, os participantes foram capazes de diferenciar os níveis de complexidade, reconhecendo os elementos de modelagem que aparecem ao longo dos níveis. Ao decorrer do diálogo, com a interação do pesquisador, os estudantes também apresentam discursos que fornecem indícios de que eles reconhecem conceitos importantes para a compreensão de sistemas complexos. Exemplo de um relato é mostrado abaixo:

**Prof.:** Qual é a sua opinião sobre os modelos que a gente fez em LS1?

**E11A:** Ah pra mim, é simples.

**Prof.:** E o que a gente fez lá no LS1?

**E11A:** A gente fez somente mapas conceituais.

**Prof.:** E qual diferença que você notou do LS1 para o LS2?

**E11A:** Para o LS2, que foi evoluindo mais.

**Prof.:** Foi evoluindo mais. E o que você tem no LS2 que você não tinha no LS1?

**E11A:** As influências.

**Prof.:** As influências. E que mais?

**E11A:** As influências, as configurações, as quantidades e as entidades também.

**Prof.:** Tem mais alguma coisa?

**E11A:** No LS2 a gente também já fazia simulação, porque tinha as relações de causa para uma quantidade e efeito para outra.

**Prof.:** E você notou diferença significativa entre o LS2 e o LS3?

**E11A:** Notei, mas não muita diferença.

**Prof.:** Entendi. E o que acrescentou no LS3 que não tinha no LS2?

**E11A:** Acho que foram as magnitudes, que aí as magnitudes geram diferentes estados. É isso porque gera o grafo e através do grafo a gente escolhe a trajetória para ver os valores.

**Prof.:** E do LS3 para o LS4, você viu alguma diferença...?

**E11A:** É já mudou muito. No LS4 já entrou o I e o P. O I representa as taxas do modelo.

**Prof.:** Ah, muito bem. Qual é a sua opinião dos modelos feitos em LS4?

**E11A:** Que dá pra você, tipo modelar as situações que dá para explicar o que está acontecendo.

**Prof.:** Ah muito bem. Então digamos, entre o LS1, LS2, LS3, LS4 qual que é possível representar o conhecimento de forma mais realista?

**E11A:** o LS4.

**Prof.:** E por quê que é mais realista no LS4?

**E11A:** Porque aí a gente pode mostrar os processos.

**Prof.:** E teria alguma outra coisa que você representa ali no LS4 que se torna mais real o modelo?

**E11A:** Tem, a retroalimentação. Porque através da retroalimentação, dá pra você prever as várias possibilidades que tem no modelo.

Percebe-se que o estudante é capaz de diferenciar os diferentes elementos da modelagem nos seus respectivos níveis de aprendizagem. Além disso, evidencia os conceitos fundamentais na dinâmica de sistemas: processos e mecanismos de retroalimentação. O estudante E6A destaca o fato do LS4 representar processos:

E ao longo dos níveis a gente ia aumentando a dificuldade, até chegar no LS4, onde a gente vê processos, que fica bem mais complexo. Então, a gente já consegue resolver problemas maiores e com mais detalhes, mais realísticos (E6A).

O estudante E21A também menciona "taxas, processos, envolve estoques" como fatores que tornam o LS4 mais realista. E, além disso, a mesma estudante, e outro da mesma turma (E14A) citam o fato do LS4 identificar mecanismos de retroalimentação, fator importante para a representação de fenômenos complexos: "A gente tem taxas e retroalimentação" (E21A); "Porque no LS4 já tem as retroalimentações" (E14A).

## **Dificuldades em conceitos da modelagem**

Nessa categoria, as questões versam sobre os conceitos mais difíceis, na concepção dos usuários, utilizados durante o curso. Entre os conceitos mencionados, se destacam os mecanismos de retroalimentação, as influências diretas e indiretas, as variáveis de estado e taxas. No Quadro 9 abaixo, são apresentados as dificuldades mencionadas pelos estudantes da turma A.

**Quadro 9.** Dificuldades nas atividades de modelagem – turma A.

<b>Dificuldades na modelagem</b>	<b>n.º de participantes</b>	<b>Participantes</b>
<b>Retroalimentação</b>	6	E3A, E6A, E11A, E14A, E18A e E21A.
<b>Influências diretas</b>	5	E3A, E6A, E11A, E14A e E21A.
<b>Influências indiretas</b>	3	E6A, E11A, E14A.
<b>Variáveis de estado</b>	2	E5A, E18A.
<b>Taxas</b>	1	E5A.

Fonte: elaborado pelo autor.

Foi perguntado também sobre qual dos conceitos, Is ou Ps, na visão dos estudantes, são considerados mais difíceis. Todos eles mencionaram os Is. Um ponto importante para ser considerado é que, embora os conceitos mais difíceis citados foram esses do LS4, os estudantes mostram, por meio dos relatos, ter a compreensão desses assuntos. Por exemplo, podemos analisar a interlocução com o estudante E14A:

**Prof.:** Certo. O que são os Is?

**E14A:** O I+ e o I- que são as taxas.

**Prof.:** muito bem...

**E14A:** Na verdade eles que tem a principal diferença porque o P é o mesmo que o mais e o menos do LS2 e LS3.

**Prof.:** Muito bem. Então qual a diferença entre os Is e os Ps?

**E14A:** O I ele é utilizado para taxa quando uma taxa vai estar adicionando ou diminuindo valor em alguma variável.

**Prof.:** Humm.

**E14A:** E o P encaminha os efeitos que começaram na taxa. Por exemplo se está crescendo a outra vai crescer; se está diminuindo a outra também vai diminuir.

**Prof.:** Se for o P+ e se for o P-?

**E14A:** Se for P- ela vai na direção oposta, se for o P+ vai ser junto é... vai na mesma direção.

No trecho, é possível notar que o estudante é capaz de reconhecer a função do conceito das proporcionalidades qualitativas, Ps, atuando como as influências positivas e negativas do LS2 e do LS3. O estudante reconhece ainda a função dos Is na

modelagem qualitativa, como representação das taxas ["O I+ e o I- que são as taxas"], e também a função de aumentar e diminuir valores na variável de estado. É importante reconhecer que o estudante não citou a palavra "Variável de estado" [ou estoque], mas entende-se que foi verbalizada a principal função dos Is, em relação a somar ou diminuir valores.

Outro conceito dito, na mesma interlocução com o estudante E14A, se refere aos mecanismos de retroalimentação. A continuação da entrevista é apresentada a seguir:

**Prof.:** Ah certo. E o que mais?

**E14A:** as retroalimentações também é um pouco difícil, mas eu entendi. Tem a reforçadora e a balanceadora.

**Prof.:** E qual é a diferença?

**E14A:** elas controlam o sistema, no caso a balanceadora porque vai meio que balancear, é... estabilizar. A outra, reforçadora vai reforçar o processo.

Embora seja um conceito, considerado difícil pelo participante, a entrevista mostra indícios de que foi reconhecido a função principal da retroalimentação: mecanismo de controle do sistema. Além disso, ainda são citadas as duas formas de controle, balanceadora e reforçadora.

Outro exemplo, sobre os conceitos que os estudantes indicam ser difíceis na modelagem, é apresentado abaixo, com a entrevista do estudante E18A.

**E18A:** Os conceitos do LS4 eu achei mais difícil porque ele tem bastante coisa.

**Prof.:** Entendi, o LS4 tem muitas coisas né?

**E18A:** ...sim, retroalimentação, taxas, e tal.

**Prof.:** E você achou difícil?

**E18A:** Sim.

**Prof.:** Você saberia me dizer por exemplo o que é a retroalimentação?

**E18A:** Retroalimentação tem dois tipos.

**Prof.:** Tem dois tipos. Quais?

**E18A:** A balanceadora que no caso é para balancear tipo controlar as quantidades.

**Prof.:** certo.

**E18A:** Tipo controlar o sistema, por exemplo.

**Prof.:** Isso, e a reforçadora?

**E18A:** E a reforçadora é quando tipo vai reforçar o sistema para continuar acontecendo o processo.

O estudante E18A menciona os dois tipos de retroalimentação. No entanto, é citado que a balanceadora é para "controlar o sistema", e a reforçadora para "reforçar o sistema para continuar acontecendo o processo". Na verdade, os dois tipos de retroalimentação são utilizados como mecanismos de controle, seja para balancear ou reforçar o sistema. De qualquer forma, percebe-se que o estudante reconhece o conceito e a função em um sistema.

Na continuidade do discurso, o estudante diferencia os Is e Ps:

**Prof.:** sim. Tá. No LS4, nós utilizamos os Is e os Ps lembra? Qual desses dois conceitos você achou mais difícil?

**E18A:** Os Is.

**Prof.:** Por quê?

**E18A:** Os Is porque... eu não sei explicar muito bem, mas quando usa o I o sistema muda tudo e dá aquele tanto de estados no grafo.

**Prof.:** Mas o que significa os Is?

**E18A:** na aula a gente aprendeu que mostra as taxas no modelo, aí tipo soma uma quantidade de valor na variável né?

**Prof.:** se for I+, e se for I-?

**E18A:** mostra taxa também mas diminui a variável.

**Prof.:** certo E18A. E você sabe qual é a função dos Ps?

**E18A:** Ele tem a mesma função do mais e do menos. Por exemplo, no caso um aumenta e o outro diminui se for P- ou menos, e se for P+ ou mais os dois aumenta ou os dois diminui.

**Prof.:** Então quais conceitos que você achou mais difícil?

**E18A:** sim, eu achei bem difícil no começo para diferenciar as influências diretas e os Ps.

**Prof.:** ah sim.

**E18A:** principalmente as influências diretas mesmo.

O estudante E18A que os Is "muda tudo e dá aquele tanto de estados no grafo". De fato, os Is representam processos, os quais são as causas das mudanças no sistema e, por isso, tem alterações significativas no comportamento de todo o sistema. Conseqüentemente, aumenta a complexidade do modelo, o que gera mais estados na simulação, como dito pelo estudante: "[...] e dá aquele tanto de estados no grafo". O estudante também relaciona a função dos Is em somar ou diminuir valores, e também consegue diferenciar da função dos Ps.

### Reconhecimento de processos

Essa categoria busca identificar dois aspectos principais, na concepção dos participantes: se são percebidos diferença na forma de enxergar o mundo, após o curso de modelagem; e se são reconhecidos processos no mundo real e nos diversos componentes curriculares.

Em todas as respostas foram afirmadas que a modelagem tem contribuído para que os estudantes desenvolvam uma visão mais crítica de mundo. O aluno E5A menciona: "Sim, eu consigo identificar muito mais coisas no mundo, por exemplo, esses conceitos que a gente aprende de processos, eu consigo observar eles na natureza. E eu até chego a pensar se eu usasse isso no *DynaLearn*, eu poderia prever acontecimentos que eu não conseguiria sozinho". Outro exemplo, podemos citar a fala do estudante

E11A: "Sim eu consigo agora expressar algumas coisas tipo processos que acontecem no mundo, aí aqui através da modelagem é mais fácil de fazer explicações".

Além disso, foi percebido que os estudantes reconhecem processos no mundo real, e também nos conteúdos escolares, como mostra o Quadro 10. Um fator interessante a notar é que, dentre os processos que os estudantes mencionaram fazer parte dos componentes curriculares, todos eles fazem alusão à disciplina de química, em vários dos modelos que trabalhados em sala de aula, principalmente aqueles relacionados aos processos envolvidos ao ciclo da água. Além disso, também, os estudantes percebem a relação do potencial da modelagem com outras áreas do conhecimento, além da Química, como a Biologia, a Geografia.

**Quadro 10.** Exemplos de processos na vida real e nos conteúdos escolares – Turma A.

<b>Estudante</b>	<b>Exemplos de processos na vida real</b>	<b>Reconhece processo nos conteúdos escolares.</b>
<b>E21A</b>	Produção de energia, fluxo de água.	<i>Química:</i> ebulição, evaporação e a fusão.
<b>E18A</b>	Produção de peças de um carro, poluição do ar, desmatamento.	<i>Química:</i> transformações dos estados da água. <i>Biologia:</i> ciclo da água, ciclo do nitrogênio. <i>Geografia:</i> taxa de natalidade e taxa de mortalidade.
<b>E14A</b>	Evaporação da água, Precipitação da água.	<i>Química:</i> ciclo da água e as transformações - evaporação, solidificação, fusão, precipitação. <i>Geografia:</i> inundação, solo.
<b>E11A</b>	Evaporação, precipitação, crescimento populacional, produção de esgotos, remoção de lixo.	<i>Geografia:</i> o crescimento populacional. <i>Química:</i> as transformações da água. <i>Física:</i> deslocamento de objeto.
<b>E6A</b>	Poluição do ar, a emissão de gases.	<i>Química:</i> Precipitação. <i>Biologia:</i> transpiração. <i>Geografia:</i> Taxa de natalidade e taxa de mortalidade, desmatamento, poluição, erosão, reflorestamento.
<b>E5A</b>	Vazão de água no rio, derretimento das geleiras, emissão de gases.	<i>Química:</i> processos de transformação da água. <i>Biologia:</i> evolução, poluição ambiental. <i>Geografia:</i> taxa de natalidade e mortalidade, erosão, desmatamento.
<b>E3A</b>	A chuva, natalidade em uma população.	<i>Química:</i> chuva, evaporação.

Fonte: elaborado pelo autor.

## 7.7.2 Resultados das entrevistas com os estudantes da Turma B

### Categoria 'Concepções dos estudantes sobre as atividades de modelagem'.

Em relação à primeira categoria 'Concepções dos estudantes sobre as atividades de modelagem', os estudantes da turma B indicam que gostaram da experiência de trabalhar com a modelagem qualitativa, e os motivos principais estão relacionados à construção de modelos (quatro estudantes: E2B, E10B, E13B e E16B) e a execução de

simulações (dois estudantes: E6B e E11B), como mostram os relatos: “De fazer as simulações” (E11B), ou, “Ah gostei de fazer modelo” (E2B), ou ainda: “Eu gostei de construir modelos no computador. Já na primeira aula que a gente teve você já me passou o programa e eu cheguei em casa e já instalei e fui tentando fazer alguns modelos e eu até consegui” (E13B).

Além da construção de modelos e simulações, um dos estudantes, E17B, menciona também que gostou de “enxergar as coisas com mais clareza e não ter um pensamento básico, sim complexo, pensar em formas mais complexas”. Todos esses pontos mencionados são características potenciais da modelagem qualitativa, e que levam os estudantes a pensarem como os sistemas funcionam.

Quando os estudantes foram questionados sobre o que não gostaram no curso de modelagem, eles apontam que gostaram da proposta do curso de modelagem. Como exemplo, podemos citar o relato do estudante E2B: “não tem uma coisa assim que eu não gostei” (E2B). O estudante E13B também afirma ter gostado do curso; porém manifestou uma dificuldade em relação aos horários, como pode ser observado no relato abaixo:

Assim, na verdade não teve nada que eu não gostei. Às vezes é um pouco difícil pra mim vir por conta que eu não sou daqui, sou de outra cidade. Então quando o curso é no horário das 15hrs, aí eu tenho que ficar aqui até às 19hrs da noite, então é um pouco complicado pra mim (E13B).

De fato, reconhecemos que o curso foi ofertado em horários extracurriculares. Isso necessita que os estudantes fiquem na escola após o horário de aulas regulares e, por isso, se torna uma dificuldade para todos os estudantes, e principalmente para aqueles que moram em outras cidades.

Em relação às atividades de modelagem no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*, os estudantes demonstram ter preferência de construir modelos e manipular simulações no *Dyna web*, assim como a Turma A. Alguns relatos demonstram tais concepções:

Por que não precisa de apertar shift para colocar as configurações, as quantidades, ele salva automático e a gente não perde o modelo (E11B).

Ele tem mais opções [...] agente pode ter o grafo junto com o cenário e os valores (E16B).

Eu achei mais fácil pra mexer do que no *Dyna* físico [...] Ah o físico tem que ficar apertando um monte de botão, um monte de negócio. O web já dá os comandos direto, pode acessar de qualquer lugar e tá em português (E2B).



Os motivos mencionados pelos estudantes, em terem preferência pelo o uso do *Dyna web*, percebe-se que são apontados: a) menos comandos, em comparação ao *DynaLearn* físico, para executarem alguma funcionalidade na plataforma; b) ter a possibilidade de salvamento automático; c) ter os resultados da simulação (grafo, diagrama da história de valores) em uma única tela; d) acesso de qualquer local, que tenha computador; e) o idioma da plataforma.

Ainda na categoria 'Concepções dos estudantes sobre as atividades de modelagem', os estudantes foram perguntados se eles gostariam de participar de uma nova edição e se tinham sugestões para melhorar o projeto. Todos os estudantes da turma B indicam ter disposição para participar em outras edições do projeto. E em relação a sugestões de melhorias no curso, os estudantes da turma B ofereceram respostas afirmando que gostaram da forma que o curso foi pensado, por exemplo: “Creio que não, acho que do jeito que já está, tá muito bom, tá tendo o que foi proposto na oferta no curso, então, está muito bom” (E17B).

E uma sugestão foi dada pelo estudante E11B em relação a carga horária, em que o estudante sugere ter uma ampliação da quantidade de aulas. Segundo o estudante, a carga horária de ser “maior, porque o curso é interessante e ajuda nas outras matérias” (E11B). Quando o estudante menciona o termo “Matéria”, ele se referiu as disciplinas escolares. E de fato, a modelagem tem caráter interdisciplinar, que possibilita transitar nas mais diversas áreas do conhecimento.

### **Categoria 'Construção de modelos'**

Em relação à construção de modelos, os estudantes reconhecem que o LS4, em relação aos outros três espaços de aprendizagem de *DynaLearn*, representa a realidade de forma mais realista. Um estudante mencionou que no LS4 “[...] tem muito mais coisas, os Ps, os Is e as retroalimentações” (E16B). Além de mencionar os elementos específicos do LS4, os estudantes justificam o LS4 ser mais próximo da realidade devido à representação de processos:

“acho que a melhor coisa que tem é que a gente começa a trabalhar com processos reais que a gente está com contato no dia a dia, por exemplo, clima, tempo, ter uma noção melhor de como os processos funciona” (E17B).

“Eles são mais completos como eu disse, e também complexos. Precisam de uma atenção, você tem que entender o que cada coisa faz, tipo a função das taxas das variáveis de estado. Normalmente uma das coisas que eu mais erro é a diferença do I e do P. Aí você tem prestar atenção, olhar se está tudo certinho, as unidades, aí da certo. Então assim, o que eu mais vejo é que tem

que ter atenção [...] no LS4 a gente já tem mais coisas então por isso a gente consegue representar algo mais real, algo mais do cotidiano” (E13B).

E quando o estudante E13B foi perguntado sobre os motivos que levavam o LS4 ser mais próximo à realidade, o estudante respondeu: “Por exemplo, a gente representa processos, e eu vou dar um exemplo do estado da água. [...] Então você consegue representar o processo mais detalhado, tipo a passagem água do estado líquido para o sólido, para o gasoso” (E13B).

Assim como na turma A, os estudantes foram capazes de diferenciar os níveis de complexidade, reconhecendo a especificidade de cada nível em *DynaLearn*.

**Prof.:** E quais as diferenças que você observou entre o LS1 e o LS2?

**E10B:** O LS1 é porque eles são mapas conceituais e o LS2 são simulações casuais.

**Prof.:** E o que mais tem no LS2?

**E10B:** as quantidades, derivadas, tem configurações.

**Prof.:** E no LS3? O que você viu de diferente em relação ao LS2?

**E10B:** As magnitudes.

**Prof.:** E você notou diferença significativa entre o LS3 e o LS4?

**E10B:** Sim

**Prof.:** E qual é a sua opinião sobre os modelos em LS4?

**E10B:** São mais reais.

**Prof.:** Por que?

**E10B:** porque só no 4 a gente vê processos.

Os relatos mostram indícios de que os participantes das entrevistas são capazes de justificar o motivo do LS4 representar fenômenos mais próximos do mundo real. Além disso, os estudantes mostram que reconhecem as principais diferenças entre os níveis de aprendizagem de *DynaLearn*, embora apresentem dificuldades em alguns conceitos, os quais serão mostrados na subseção abaixo.

### Dificuldades em conceitos da modelagem

Entre os conceitos mencionados como difíceis, na concepção dos estudantes, se destacam os mecanismos de retroalimentação, as influências diretas e indiretas, as variáveis de estado e taxas. No Quadro 11 abaixo, são apresentadas as dificuldades apresentadas pelos estudantes da turma B.

**Quadro 11.** Dificuldades nas atividades de modelagem - turma B.

Dificuldades na modelagem	n.º de participantes	Participantes
Retroalimentação	4	E2B, E13B, E16B, E11B.

<b>Influências diretas</b>	7	E2B, E6B, E17B, E10B, E13B, E16B, E11B.
<b>Influências indiretas</b>	6	E2B, E6B, E10B, E13B, E16B, E11B.

Fonte: elaborado pelo autor.

E sobre os conceitos das influências diretas e indiretas em LS4, Is ou Ps, na visão dos estudantes, todos eles mencionaram que as influências diretas são mais difíceis. Ainda que sejam assuntos mais complexos, os relatos mostram que os estudantes são capazes de dialogar e mostrarem reconhecer as diferenças entre os Is e Ps e os tipos de retroalimentação. Os relatos abaixo demonstram essa consideração:

**E17B:** eu acho que os Is, já que ele funciona de uma forma mais complexa do que os Ps, que é mais fácil de compreensão.

**Prof.:** os Ps é mais fácil a compreensão?

**E17B:** aham, com certeza é mais fácil.

**Prof.:** certo. E você saberia dizer o que significa o I e o que significa o P?

**E17B:** vou explicar do P que é o que eu sei melhor, no P positivo quando a quantidade está aumentando a outra vai na mesma direção dela.

**Prof.:** muito bem.

**E17B:** já no P negativo é o inverso, se uma aumenta a outra vai diminuir.

**Prof.:** Agora e o conceito dos Is?

**E17B:** o I é diferente, se for I+ vai somar valores. O I – é igual você tinha falado em sala, vai subtrair, vai retirar valores.

**Prof.:** hum, certo.

**E17B:** é e ele representa processos.

**E11B:** é os Is e os Ps, mas é coisa de se prestar atenção consegue aprender

**Prof.:** E que mais?

**E11B:** E retroalimentação também

**Prof.:** E aí você também teve dificuldade?

**E11B:** Sim, mas é só questão de prestar atenção que já consegue entender.

**Prof.:** Ok. No LS4 utilizamos os Is e os Ps. Qual desses conceitos você achou mais difícil?

**E11B:** eu achei o I é mais difícil.

**Prof.:** Você sabe diferenciar o I e o P?

**E11B:** Sim o I é para taxas e o P, o P+ ele continua na mesma direção, já o P-, é o oposto.

**Prof.:** E o que significa quando colocamos um I+ ou I- entre uma taxa e a variável de estado, saberia dizer?

**E11B:** sei. O I+, tipo, adiciona valores no estoque, e o I- retira valores do estoque.

**Prof.:** muito bem. E o que é a retroalimentação?

**E11B:** é um mecanismo que pode balancear para controlar um sistema, ou reforçar o que tá acontecendo com o processo.

No primeiro trecho é possível notar que o estudante E17B, embora mencione as influências diretas como conceito considerado difícil, o estudante foi capaz de reconhecer a função dos Is e a diferença do conceito das proporcionalidades

qualitativas. O estudante reconhece ainda a função dos Is na modelagem qualitativa, como representação de processos, e também a função de aumentar e diminuir valores na variável de estado.

No segundo trecho, além de citar os Is e Ps, o estudante E11B menciona os mecanismos de retroalimentação, como formas de controle no sistema, tanto por meio da retroalimentação balanceadora, quanto reforçadora.

### Reconhecimento de processos

Pelas respostas dos estudantes, percebe-se que eles mencionam processos no mundo real, e também nos conteúdos escolares, como mostra o Quadro 12.

**Quadro 12.** Exemplos de processos na vida real e nos conteúdos escolares – turma B.

<b>Estudante</b>	<b>Exemplos de processos na vida real</b>	<b>Reconhece processo nos conteúdos escolares.</b>
<b>E2B</b>	Crescimento de uma árvore, erosão do solo.	<i>Química:</i> evaporação, condensação e a precipitação.
<b>E6B</b>	Transformação dos estados da água.	<i>Química:</i> evaporação, precipitação.
<b>E17B</b>	Enchente, evaporação, chuva.	<i>Geociências:</i> assoreamento. <i>Química:</i> ciclo da água. <i>Geografia:</i> dinâmica de população.
<b>E10B</b>	Alagamento, erosão do solo.	<i>Química:</i> evaporação, fusão, solidificação, precipitação.
<b>E13B</b>	Transformação dos estados físicos da água.	<i>Química:</i> fusão, condensação.
<b>E16B</b>	Descarte de lixo na rua.	<i>Ciências:</i> desmatamento, chuva ácida. <i>Geografia:</i> emigração e imigração. <i>Química:</i> evaporação, condensação e precipitação. <i>Geociências:</i> movimentação das placas tectônicas.
<b>E11B</b>	Descarte de lixo nos lagos, remoção de poluentes.	<i>Química:</i> condensação, evaporação. <i>Geografia:</i> erosão do solo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Um fator interessante a notar é que, dentre os processos citados no Quadro 12, assim como na turma A, todos eles fazem alusão à disciplina de química, em vários dos modelos que trabalhados em sala de aula, principalmente aqueles relacionados aos processos envolvidos ao ciclo da água. Além disso, os estudantes também percebem a relação do potencial da modelagem com outras áreas do conhecimento, além da Química, como a Biologia, a Geografia e, como percebem os estudantes E17B e E16B, com a disciplina de Geociências.

Foi percebido ainda que os estudantes da turma B são mais objetivos e breves com os discursos [diferente da turma A]. Com isso, o professor/entrevistador precisa

intervir com mais frequência na interação, com questões mais específicas e diretas, para extrair informações importantes dos estudantes. A título de esclarecimento, apresentamos abaixo dois discursos com essas características:

**Prof.:** Você consegue reconhecer processos no mundo real?

**E2B:** Sim.

**Prof.:** Você daria um exemplo pra mim ou dois exemplos?

**E2B:** De processos?

**Prof.:** É.

**E2B:** Tipo, crescimento da árvore, a erosão do solo.

**Prof.:** Certo, ok. Então tá bom. E você conseguiria reconhecer processos nas disciplinas escolares?

**E2B:** Sim, tipo na química que a gente estuda a evaporação, condensação, precipitação.

**Prof.:** em alguma outra disciplina?

**E2B:** acho que não.

**Prof.:** Então tá certo, E2B. Muito obrigado.

**Prof.:** E você consegue reconhecer processos no mundo real? Por exemplo, quando você está andando, você consegue reconhecer algum processo na natureza?

**E16B:** Sim

**Prof.:** Por exemplo?

**E16B:** O descarte de lixo na rua.

**Prof.:** Certo. E você consegue reconhecer processos nos diferentes conteúdos trabalhados aqui na escola, nas disciplinas? Por exemplo, em biologia, em geografia, química, física.

**E16B:** Sim.

**Prof.:** Por exemplo.

**E16B:** Em Ciências

**Prof.:** Você lembra de algum conteúdo que você viu que tinha algum processo

**E16B:** Sim, por exemplo os processos do meio ambiente, por exemplo desmatamento, a chuva ácida, a emigração e a imigração... mais aí esses já é Geografia né?.

**Prof.:** Mas, vamos lá, o que é um processo?

**E16B:** tudo que causa mudanças no sistema.

**Prof.:** Isso, são mecanismos que iniciam as mudanças no sistema. Fale outros exemplos.

**E16B:** Por exemplo, na química a gente viu a evaporação, a condensação, a precipitação.

**Prof.:** Muito bem e você saberia me dizer algum outro exemplo de processo?

**E16B:** Processo de movimentação das placas que a gente viu em geociências.

**Prof.:** Das placas?

**E16B:** Sim.

**Prof.:** Por exemplo?

**E16B:** Das placas tectônicas. As placas tectônicas podem movimentar, causando muitas mudanças na natureza, na terra, no solo..

**Prof.:** Ah legal, E16B. Muito bom. E16B, então tá ótimo.

## 7.8 Resultados obtidos com os Grupos de Discussão

O GD é uma das possíveis formas de verificar e dar mais confiabilidade aos resultados desta tese. De fato, se por um momento os estudantes tiveram receio de

mostrar algum posicionamento durante as entrevistas, nos GDs isso é minimizado, uma vez que os participantes estão em grupo, verbalizando mais abertamente. Isso possibilita que eles dialoguem e discutam juntos sobre a experiência em ter participado de uma intervenção de modelagem.

O tópico-guia, utilizado para nortear o GD, disponível no Apêndice E, foi composto por sete blocos: 1- Pergunta inicial, que teve o objetivo de iniciar uma discussão sobre o curso e identificar o que os estudantes gostaram ou não as atividades de modelagem. 2- No segundo bloco (Os níveis de aprendizagem de *DynaLearn*) foram investigadas as concepções dos estudantes sobre os quatro níveis de complexidade de *DynaLearn*, e se eles reconhecem a diferença entre os níveis. No bloco três, Conceitos de modelagem, buscamos captar informações sobre as principais dificuldades de fazer a transposição de fenômenos/fatos do mundo real para modelos qualitativos. No quarto bloco, *DynaLearn* físico e *Dyna web*, buscamos as análises dos estudantes sobre essas duas versões de *DynaLearn*. No bloco subsequente, buscamos as impressões dos estudantes sobre o *DynaLearn* como instrumento de aprendizagem. No bloco seis, Pensamento sistêmico, incentivamos a discussão no grupo sobre o Tema ‘Ciclo da água’, explorado durante a intervenção. Por fim, no último bloco, os estudantes ficaram livres para discutir sobre outros temas não discutidos.

### **7.8.1 Resultados obtidos com os GDs na turma A**

O GD com a turma A teve duração de, aproximadamente, 50 minutos. Serão inseridos, nesta seção, alguns dos relatos feitos pelos estudantes. E ressaltamos que transcrição completa está no Anexo G. Participaram do GD os estudantes E3A, E5A, E6A, E11A, E14A, E18A e E21A. Esses mesmos estudantes participaram das entrevistas individuais.

#### **Bloco 1 – Pergunta inicial**

Para iniciar esse primeiro bloco, foi feita a seguinte questão: “Vocês poderiam falar um pouco sobre o nosso curso?” É uma questão mais geral em que os participantes expõem as impressões gerais do curso. Por meio dos relatos, os estudantes demonstram que gostaram da intervenção, reafirmando os resultados encontrados também com as entrevistas. Os discursos fazem referência, principalmente a construção de modelos e simulações, a compreensão melhor de como os sistemas se comportam, e os modelos serem um mecanismo de comunicação de informações.

Em relação à construção de modelos, o estudante E3A menciona:

Eu gostei de construir os modelos, trabalhar com as simulações é porque ajuda a entender muito melhor as outras matérias, por exemplo, hoje nós estávamos apresentando mais cedo os trabalhos de geografia. Aí o professor chegou e perguntou ‘você conseguiu entender melhor o ciclo de evaporação?’ E sim, a gente aprende melhor, são processos que explicam os sistemas. Aqui você aprende mesmo, pois é uma coisa da realidade e dessa vez você aprende mesmo o fato.

Em relação ao que mais gostou, o estudante E11A menciona também a construção de modelos, e se direciona ao uso do *Dyna web*: “Eu gostei mais de construir modelos principalmente no *Dyna web*” (E11A).

Outra estudante se manifesta que gostou do curso de modelagem por conseguir visualizar o funcionamento de sistemas, e ainda reconhecer os modelos como instrumento que colabora na previsão e na explicação do comportamento de sistemas:

Eu gostei muito porque deu para perceber como as coisas funcionam... como as coisas funcionam num sistema, como algo vai influenciar em algo, como você chega a um determinado resultado através de coisas que aconteceram anteriormente (E14A, 2019).

E em consonância com objetivo principal da modelagem, o estudante E11A mostra que a representação do conhecimento é um dos principais pontos que, na concepção dele, foi importante durante as aulas de modelagem. Segundo o estudante, a construção de modelo “molda a realidade, acho que é isso, um dos principais pontos bons da modelagem” (E11A). E, segundo outro aluno da turma, a modelagem na plataforma utilizada, *DynaLearn*, contribui inclusive para desenvolver a visão sistêmica dos estudantes.

Como os meus colegas apresentaram sobre os pontos positivos e eu concordo. O *DynaLearn* conseguiu com que muita gente tivesse uma visão sistêmica e isso ajuda muito a gente compreender as outras matérias do ensino médio (E5A).

E ao final do curso, os estudantes já não consideram a modelagem como uma atividade complexa, como mostram os relatos:

E ver que não é complicado, completamente entendível assim, se você prestar atenção, se você não faltar muitas aulas obviamente. Se você se dedicar, dá pra entender tranquilamente (E3A).

A gente tem mais facilidade devido à lógica que o modelo ajuda a gente desenvolver. A gente consegue assimilar certos pontos do que quando um professor está explicando. A gente consegue ver fisicamente um sistema e

por meio da lógica, a gente consegue ver o que está acontecendo. Por exemplo, se a água esquentar, aí ela vai evaporar, ou seja, é um processo (E21A).

No começo é confuso, mas se você pega desde o início como a gente aprendeu, a gente entende bem mais... principalmente os últimos modelos que a gente fez, foram os que mais conseguimos entender, justamente pela realidade que ele agrega (E6A).

## **Bloco 2 - Os níveis de aprendizagem de *DynaLearn***

Nesse bloco, a questão principal foi “Como foi à experiência de vocês ao modelarem no LS1, LS2, LS3 e LS4?”. Os estudantes discursaram principalmente sobre a experiência de modelarem nos quatro níveis de complexidade do *DynaLearn*, e também, durante a discussão, eles foram questionados sobre as diferenças de cada espaço de aprendizagem da plataforma de modelagem.

Os relatos mostram que a construção de modelos em *DynaLearn* é uma atividade contínua e processual, sendo que no LS4 os usuários podem reforçar os conceitos vistos nos níveis de aprendizagens anteriores e também por representar fenômenos mais próximos a realidade. A título de esclarecimento, apresentamos os relatos abaixo:

É no LS4 que foi mais possível entender todos os outros [conceitos], porque abrangeu tudo que a gente tinha aprendido e todos de forma mais simples e mais fácil por ser também muito parecido com a realidade (E11A).

[...] o LS4 foi fácil para a gente pegar, mas é porque teve o passo a passo. A gente pegou primeiro as entidades, as configurações e foi com o tempo foi aprendendo as outros [conceitos]. Então eu acho que se a gente fosse direto para o LS4, muita gente poderia ficar perdida e já não conseguiria avançar, e até desistiria do curso... acho que ficaria complicado assim (E6A).

É uma escadinha né? Tipo, você vai do mapa conceitual e vai caminhando de pouquinho até chegar no LS4 (E3A).

Por exemplo eu aprendendo determinado conceito do LS2, e tipo você entender o LS4 que é muito mais avançado, automaticamente você já aprendeu a como lidar com o LS2, então você evolui até chegar num modelo mais complexo (E14A).

Sobre as diferenças de cada espaço de aprendizagem de *DynaLearn*, foi possível perceber que os estudantes reconhecem as diferenças entre cada nível. Foi percebido que, diferentemente das entrevistas, no GD os estudantes estão juntos, prevalecendo à colaboração entre eles. Isso contribuiu, sobremaneira para que fossem mencionados todos os elementos da modelagem qualitativa em cada nível de *DynaLearn*. Parte da discussão é apresentada abaixo:



**Prof.:** Pessoal e o que tem no LS4 que não tem no LS3 ou que tem no LS3 e não tem no LS2 por exemplo?

**E3A:** taxas por exemplo, processos, só tem no LS4.

**E14A:** retroalimentação.

**E6A:** Isso, no LS3 a gente já começa a ter uma visão sistêmica.

**E21A:** e no LS4 a diferença é justamente devido os processos reais.

**E3A:** no LS3 tem magnitudes, aquele grafo de estados, temos o histórico de valores.

**Prof.:** E o que você tem no LS2 que não tem no LS1?

**E21A:** já pode ter quantidades.

**E5A:** as simulações.

**E3A:** configuração que a gente não tinha antes...

**E14A:** nos primeiros modelos que a gente fez no LS1, ficou mesmo apenas um mapa... e, por exemplo, no LS2 foi muito mais fácil que você já tinha as quantidades de temperatura que explicavam como ia ser a integração da molécula da água. Então você conseguia ter as simulações, tornando mais real.

### Bloco 3 – Conceitos de modelagem

Nesse bloco, a questão principal foi a seguinte: “Como foi a sua experiência ao representar fenômenos do mundo real utilizando entidades, quantidades, taxas, estoque, influências e outros elementos da linguagem de modelagem?” A partir dessa questão, os estudantes dialogaram sobre o uso das ferramentas da modelagem para desenvolver o pensamento mais crítico e a capacidade de resolver problemas. Sobre isso os estudantes E11A e E6A apontam: “Essas ferramentas ajuda a ter o pensamento mais crítico. Você vê aquilo lá expressado no modelo, e tem mais possibilidades de entender” (E11A), e “quando você entende do assunto, você pode falar o que poderia melhorar para resolver o problema ou o que causa esse problema” (E6A).

Isso porque a Dinâmica nos modelos corroboram para enxergar como as coisas na natureza se influenciam mutuamente, dando uma visão ampla dos assuntos trabalhados. A estudante E3A menciona:

**E3A:** [...] o modelo permite a gente ter uma visão de todos os assuntos, da gente aprofundar mais sobre aquilo que influencia as coisas. E outra coisa, não é um estudo cansativo porque primeiro você entende, você tenta entender, você se diverte fazendo, você aprende mais e ainda por cima você cria uma opinião.

**E14A:** isso, não é algo enjoativo.

E ainda é mencionado o fato de que a linguagem utilizada na modelagem contribui para compartilhar conhecimento/resultados. Isso é possível para as pessoas que dominam a linguagem de modelagem, como pode ser visto nas falas dos estudantes E6A e E21A.

**E6A:** ... e a gente pode compartilhar um com os outros. E fica mais tranquilo de entender que tem a diferença tipo, quando eu faço o mapa mental, eu estudei e fiz aquilo pra eu entender, mas às vezes eu passo para a E21A e ela não entende.

**E21A:** ... é mais próximo do que a gente tá vivendo e a gente tem um pouco de noção do que acontece. Quando a gente pega o modelo, a gente já entende olhando o modelo porque a gente já vive isso. Aí a gente tem um pouco de facilidade.

#### **Bloco 4 – *DynaLearn* físico e *Dyna web***

Esse bloco do GD buscou-se identificar, na concepção dos estudantes, as diferenças, vantagens e desvantagens das versões de *DynaLearn* (física e web). Para tanto, utilizou-se da questão inicial: “Vocês poderiam falar um pouco sobre a construção e simulação de modelos no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*?”

Assim como mencionado nas entrevistas, os estudantes afirmam ter preferência em modelarem no *Dyna web*. Alguns dos motivos se referem à praticidade da plataforma, por exemplo, a criação de entidades, configurações e quantidades. Sobre isso, seguem alguns relatos:

**E11A:** Então, como eu já até tinha dito antes né, eu acho muito mais fácil no *Dyna web* por ele ser mais simples...

**E6A:** e já te dá várias coisas prontas.

**E11A:** sim, por exemplo não tenho que ficar criando muita coisa pra criar uma certa entidade, certa configuração...

**E21A:** magnitude...

**E3A:** E magnitude no *Dyna web* você já bem os tracinhos né no lado você só escreve o nome dela. Por exemplo, grande médio e pequeno, você só escreve.

**E21A:** e se tem ponto, se tem intervalo, é bem fácil.

**E3A:** já no *Dyna* físico se for, por exemplo, uma entidade que não tem as configurações pré-definidas do valor físico, você tem que criar uma, o que dá mais trabalho.

**E21A:** e se tiver uma parecida não dá certo, não roda. O nome tem que ser diferente.

**E3A:** então assim, ir no *Dyna web* que já te dá tudo pronto, é mais fácil...

**E18A:** tem que prestar bastante atenção na hora de escolher um ponto e um intervalo porque pode confundir, mas é fácil.

Outros pontos de destaque, se refere ao acesso à internet e as próprias orientações que o *software* fornece, sendo, inclusive, sugerido para iniciantes na modelagem.

**E5A:** e essa questão do *Dyna web* ser mais simplificado, ser mais prático de você acessar de qualquer lugar, é mais acessível. E uma coisa importante pra destacar no web e no físico é que pra quem está começando, pra quem não tem instrução, um instrutor para te instruir, o web seria melhor porque te dá mais informação.

**E3A:** ele te dá as instruções, mostra os desenhinhos, e daí você consegue ver e entende o que é. É mais fácil, porque clica na entidade ou configuração e já insere o nome, ou na quantidade e já coloca a influência.

Os estudantes também afirmam que, assim como o *Dyna web* está disponível na Língua Portuguesa, o *DynaLearn* físico também poderia ser disponível nesse idioma, como mostra a estudante: “o ideal seria em português porque é mais fácil” (E21A). Quando perguntado se o fato do *DynaLearn* físico ser apenas disponível na Língua inglesa dificultou o aprendizado dos estudantes, de forma uníssona foi respondido: “não”. E, logo em seguida, o estudante E5A afirma: “se for parar pra pensar, todos os *softwares* mais avançados são em inglês. Então o inglês acaba sendo uma língua mais universal. Então é bom você pegar o software assim no inglês até pra treinar também” (E5A).

No entanto, dependendo da situação, ou a abordagem em sala de aula, a estudante E6A mostra que o software em Inglês pode dificultar o aprendizado: “agora para aquela pessoa que não tem o básico do inglês e que vai aprender a usar o software sozinha sem o instrutor, será um pouco mais difícil pra ela porque não tem ninguém falando para ela o que significa tal coisa em português” (E6A), e causar também “[...] o desinteresse da pessoa nesse caso também” (E11A).

### **Bloco 5- *DynaLearn* como instrumento de Aprendizagem**

Esse bloco verificou-se as concepções dos estudantes sobre utilizar o *DynaLearn* na nas disciplinas escolares. A questão central foi: “O que você pensa de usar o *DynaLearn* nas disciplinas escolares?”

Dentre as respostas dos estudantes, foi mencionado que o *DynaLearn* nas disciplinas escolares seria uma possibilidade para trabalhar melhor os processos envolvidos nos conceitos estudados. O estudante E18A menciona: “eu acho que seria legal, porque usando o LS4 a gente ia saber, por exemplo, em química, os processos de cada transformação. Seria legal” (E18A).

Além disso, é afirmado também que o *DynaLearn*, nas disciplinas escolares, contribui com o aprendizado dos estudantes. Além disso, é uma ferramenta que aproxima os conteúdos específicos da realidade dos estudantes, como mostra o extrato abaixo:

Na realidade a gente aprende mais né? é como nos processos do ciclo da água, a gente entende mais por ser uma coisa que se aproxima mais da nossa realidade. Então para as matérias de ciências da natureza ia ser algo bem

interessante, e até para matérias de matemática e essas coisas, porque a gente trabalhou com parte financeira, trabalhou com números, sem trabalhar com números (E11A).

Em outros relatos também se percebe que aproximar o *software* de outras disciplinas, pode contribuir, inclusive, para o aprendizado de estudantes que apresentam dificuldades.

**E14A:** Seria bom se disponibilizasse essa tecnologia para todo mundo assim no início que está aprendendo ciências, no caso geografia, química.

**E21A:** seria muito bom.

**E21A:** Ajudaria muito as pessoas que têm dificuldade para pegar alguma matéria, assim seria muito fácil.

**E21A:** aí a gente padroniza.

**E6A:** aí gente passa para o *DynaLearn* e cada um entende.

**E5A:** eu acho muito bom usar nas disciplinas escolares justamente porque você consegue ter uma visualização melhor das matérias e você também consegue ver a aplicação delas.

## Bloco 6 - Pensamento sistêmico

Esse bloco de discussão investigou-se se os estudantes estavam analisando fenômenos de forma mais crítica; isto é, pensando sistemicamente. Para isso, optamos por mencionar no GD um dos temas trabalhados durante o curso, Ciclo da água. Para isso, lançamos a seguinte questão: “Fale um pouco sobre o ciclo da água como um sistema dinâmico, no qual os objetos interagem entre si e mecanismos de retroalimentação atuam no sistema”.

No início da discussão desse bloco, os estudantes explicitaram de forma mais geral como funciona um sistema, e como os fenômenos estão correlacionados. Como exemplo seguem alguns relatos:

**E14A:** No caso podemos pensar nos objetos do sistema que interagem entre si, por exemplo, a atmosfera e o solo. A água sai do solo e depois ela vai voltar para a atmosfera, e tem também mecanismos de retroalimentação.

**E5A:** eu acho que é um sistema dinâmico justamente porque cada quantidade tem ligações entre si e mostram o que realmente está acontecendo no sistema. Então as quantidades de determinadas entidades influenciam outras quantidades. E isso a gente pode ver no mundo real, que ocorre na natureza. É a lei de Lavoisier, de que nada se cria, tudo se transforma. Então é justamente isso. Porque a precipitação tem uma causa, tem um motivo então ela vai originar outras consequências, até mesmo retornar a precipitação. Então a gente pode entender que é um sistema dinâmico.

**E3A:** além de deslocar outros modelos, e os modelos deles tem ligações entre si. A evaporação vai ter um motivo, vai ter uma consequência que vai gerar outro processo também dentro desse processo do ciclo da água. Então além dele ser muito dinâmico dentro um único modelo só, ele é dinâmico dentro de todos os modelos do sistema do ciclo da água.

**E11A:** dá pra interligar tudo e não só interligar todos os dados, dá para tipo assim... o ar também, o oxigênio das plantas, dá temperatura, espaço populacional...

Pelos relatos acima, percebe-se que os estudantes reconhecem que os sistemas funcionam de forma dinâmica, e as ‘coisas’ se influenciam mutuamente na natureza. Especialmente em extratos, do tipo “A água sai do solo e depois ela vai voltar para a atmosfera”, ou ainda “Porque a precipitação tem uma causa, tem um motivo então ela vai originar outras consequências, até mesmo retornar a precipitação”, mostra que os estudantes reconhecem que existem mecanismos de retroalimentação atuando no sistema. E quando questionados sobre exemplos de processos no mundo real, os estudantes mencionaram:

**Prof.:** E pessoal, vocês conseguiriam falar exemplos de alguns processos do mundo real?

**E6A:** solidificação...

**E21A:** condensação...

**E3A:** evaporação ...

**E14A:** Dinâmica de população...

**E21A:** ebulição...

E para verificar a concepção dos estudantes sobre a representação de fenômenos complexos, foi feita a seguinte pergunta: “E como você representa processos no modelo qualitativo?”.

**E21A:** com o I.

**E6A:** com taxas.

**E21A:** com os Is saindo das taxas.

**Prof.:** E o que são os Is?

**E21A:** são influências. O I+ ta acrescentando no estoque e o I- ta retirando.

**Prof.:** Retirando o que?

**Alguns alunos:** valores

**E14A:** e se você colocar o I vai alterar na magnitude, se você colocar o P vai alterar na derivada.

E quando questionados sobre a diferença entre os Is e Ps, o estudante E14A responde: “o I adiciona ou retira valor e o P procede comportamento”. E além disso, é lembrado também, pelo estudante E18A, que os Ps são utilizados para representarem as retroalimentações: “e usa o P também para mostrar a retroalimentação”.

Para verificar a concepção dos estudantes sobre a retroalimentação, foi lançado a questão: “Pessoal e o que é uma retroalimentação? No início os estudantes começam elaborando respostas, de forma mais lenta, mais pausado, e aos poucos os estudantes vão se ajudando, dialogando sobre os conceitos de retroalimentação.

**E6A:** Quando você tem o I que representa as taxas no processo, e aí você quer controlar o sistema. Aí você coloca um P como sinal oposto se for balanceadora ou um P com mesmo sinal se for reforçadora.

**E14A:** aí você vai fazer um ciclo, que vai devolver o efeito iniciado pelo processo. Porque tudo na natureza, nada é infinito. As coisas se esgotam e precisam de outras fontes para buscar a estabilização.

**E6A:** se a gente tiver um I+ representando uma taxa, você vai colocar um P- para ser uma retroalimentação. Então assim seria uma retroalimentação balanceadora.

**Prof.:** Uhum. E quantos tipos de retroalimentação nós temos?

**E3A:** dois.

**Alguns alunos:** balanceadora e reforçadora.

**Prof.:** E qual é a diferença das duas?

**E11A:** a balanceadora é para tipo balancear, vai chegar uma hora que vai estabilizar. E já a reforçadora ela vai reforçar mais e mais.

**E21A:** a balanceadora estabiliza o sistema.

**E14A:** por exemplo, você tá enchendo um tanque de água. Daí chega a uma hora que o recipiente não vai suportar mais. Aí entra essa retroalimentação balanceadora para parar de sair água.

## Bloco 7 - Outros

Nesse último bloco, a proposta foi dar voz aos estudantes para que eles pudessem fazer sugestões, apresentar ou propor assuntos não discutidos no GD. Nesse momento sugeriram sugestões sobre o curso, e que de fato enriquece a proposta e inspira a continuidade ou outras pesquisas. Sobre os pontos sugeridos pelos estudantes, destacam-se: 1- desenvolver outros trabalhos na instituição de modo que os estudantes continuem a modelagem até alcançarem o LS. Sobre esse ponto até foram sugeridos que os estudantes deste curso pudessem atuar, inclusive, como monitores em outras edições.

**E21A:** Eu queria a continuação do *DynaLearn*.

**E14A:** LS6

**E5A:** fazer pelo menos alguns modelos.

[...]

**E3A:** a gente até pensou assim, como nós já tem uma base... se a gente não poderia ser monitor de quem ainda não fez. Então ajudar você, e você não precisaria ter uma carga de tantos alunos assim.

**Prof.:** Isso, é uma boa ideia.

Outro ponto mencionado pelos estudantes foi expandir o projeto para outras turmas e outras escolas da cidade:

**E11A:** ... então podemos expandir para outras escolas. E por exemplo a gente pode auxiliar nesse trabalho. Seria bom.

**E21A:** seria legal tipo, apresentando para a comunidade.

**E11A:** a expansão também do trabalho tipo, como a gente fez aqui, que a gente mostrava o que a gente estava fazendo para outras pessoas, a gente poderia mostrar para outros colégios.

E ainda, os estudantes mencionaram que em outras edições do curso, um possível trabalho seria a elaboração de vídeos de como usar o *DynaLearn* na Língua Portuguesa:

**E6A:** Isso, podemos fazer uns vídeos de como usar o *DynaLearn*.

**E3A:** e também mostrar para outras turmas. Porque em outras turmas ficaram bem interessados no projeto, tipo os segundos e terceiros anos...

**E14A:** igual Paulo Vitor, abri o canal no *DynaLearn* na internet e vi que tem 22 vídeos, por exemplo, nós alunos estamos aprendendo os conceitos por nós mesmos. Daí poderíamos fazer em português, explicativo, para ser postado no mesmo canal.

**Prof.:** Olha, que legal.

**E21A:** seria bem legal porque assim, teriam mais facilidade para aprender tanto o *Dyna web* quanto o *Dyna* físico que é em inglês. Aí a gente faria os vídeos em português. Nem precisaria do instrutor.

Esses vídeos poderiam ser utilizados para que os estudantes aprendam a utilizar as ferramentas de *DynaLearn* com mais facilidade, na Língua Portuguesa. E, além disso, disponibilizar os vídeos em meios de comunicação democratiza o software para outros professores e estudantes.

### 7.8.2 Resultados obtidos com os Grupos de Discussão com a Turma B

O GD com a turma B também teve duração de, aproximadamente, 48 minutos. Nesta seção são inseridos alguns relatos feitos pelos estudantes no GD dentro de cada bloco de questões, norteados pelo tópico-guia. A transcrição completa está no Apêndice G. Participaram do GD os estudantes E2B, E6B, E17B, E10B, E11B, E13B, E16B.

#### Bloco 1 – Pergunta inicial

Nesse primeiro bloco, os estudantes expuseram as impressões mais gerais do curso. Os relatos mostram que os estudantes gostaram da intervenção, confirmando os resultados encontrados também com as entrevistas. Os discursos fazem referência, principalmente, sobre a modelagem, a contribuição dos modelos na compreensão dos conteúdos escolares, no desenvolvimento do raciocínio e de uma visão mais crítica.

**E11B:** Eu gostei muito. Achei legal, interessante e diferente. Eu nunca tinha visto uma coisa igual [...] A parte que eu mais gostei no curso foi modelar.

**E13B:** E tipo o curso ajudou muito... eu não sei vocês, mas ele me ajudou muito na parte dos estudos, por exemplo eu utilizei muito para estudar os processos de química, fiz alguns modelos que tem no ciclo na água. É que nem eu estava te falando naquele dia da entrevista, pra você conseguir aprender tudo o que o *Dyna* gera, você tem que fazer o curso. A gente explicou para algumas pessoas na apresentação hoje, mas se a gente não tivesse explicado era difícil para elas entenderem os modelos apenas olhando.

Então é muito bom o curso, você aprende coisas novas, aprende a ter uma visão sistêmica e me ajudou muito nos estudos.

**E2B:** Te estimula pensar mais também né.

**E17B:** É, a questão da visão unilateral que a gente tinha quando começou o curso, e depois foi desenvolvendo a visão sistêmica. Os modelos é uma coisa que ajuda muito. Estava falando na hora da apresentação que quando eu explicava, primeiro eu explicava de um jeito que o pessoal quer entender e depois de uma forma sistêmica, mostrando os processos, por exemplo, da evaporação e a retroalimentação. E depois começava a introduzir de uma forma mais formal, apresentando o modelo pra eles. É uma visão totalmente diferente que se possa ter quando finaliza o curso, então é uma visão que muda desde os primeiros dias até aqui.

Os relatos também mostram que, no início, as atividades com os modelos pareciam ser difíceis, mas, ao decorrer do processo, os estudantes já não consideram a modelagem como uma atividade complexa.

**E2B:** Quando ele [o professor, durante a divulgação] foi apresentar na sala, ele foi apresentar o modelo e eu não entendi nada, fiquei perdida, e eu achei que nunca ia dar conta de fazer algo assim. É bom de fazer e se prestar atenção e vir nas aulas, não tem dificuldade.

**E10B:** E hoje é uma coisa que a gente achava totalmente difícil e hoje é normal.

No que se refere à estrutura do curso, os estudantes sugerem que em outras ocasiões de oferta do curso, a carga horária seja maior, para que seja possível trabalhar outros níveis de aprendizagem de *DynaLearn*, por exemplo, o LS5 e LS6.

**E11B:** Eu acharia melhor ter maior tempo de curso. Porque igual a gente não conseguiu ver o LS5 e o LS6. E aí ter mais tempo de curso para a gente poder aprender.

**Prof.:** Vocês concordam com ele?

**Alunos em geral:** Concordo.

**E11B:** E também poderia ter uma segunda edição para poder mostrar esses outros espaços de aprendizagem e algo mais.

**E17B:** Algo mais avançado.

E ainda os estudantes mostram que, embora a carga horária do curso ofertado fosse alta, foi possível conciliar, principalmente por serem atividades em que motivam os estudantes a participar. E, para eles, as abordagens utilizadas no curso são diferentes daquelas que estão acostumados no dia a dia da escola.

**E10B:** Mas dá para conciliar.

**E6B:** é pesado a carga horária da escola, mas quando a gente está aqui, é legal. Não é uma coisa chata de se fazer, a gente conversa e tal...

**E17B:** É uma coisa séria, mas que a gente gosta.

**E10B:** Não é igual a sala de aula.

**E2B:** Na verdade é uma sala de aula mas é uma aula diferente.



## Bloco 2 - Os níveis de aprendizagem de *DynaLearn*

Nesse bloco, os estudantes discursaram sobre a experiência subjetiva de modelarem nos quatro níveis de complexidade de *DynaLearn*. Além disso, durante a discussão, os estudantes foram questionados sobre as diferenças de cada espaço de aprendizagem da plataforma de modelagem, levando-os a mencionar também aspectos conceituais dos principais elementos da Dinâmica de Sistemas.

Sobre as diferenças de cada espaço de aprendizagem de *DynaLearn*, foi possível perceber que os estudantes reconhecem as diferenças entre cada nível. Isso pode ser notado no trecho abaixo.

**E17B:** As mudanças no Learning Space é mais para a gente aprender a modelar mesmo, porque começa uma coisa simples, tipo um mapa conceitual, e depois a gente vai aumentando a dificuldade. Você coloca só as relações de conceitos, depois no LS2 já coloca as entidades, coloca as configurações, quantidades, influências, cenário e o negócio ficou pronto. E também no LS2 a gente já começa rodar as simulações. Então tipo, já é um salto enorme pra gente, mas não é uma coisa difícil de aprender no LS2, que quando a gente vai para o LS3, a gente começa a ver os estados, que são os grafos. Isso porque a gente já tem as magnitudes, o que passa a ser uma coisa mais complexa e realista. Começa a ter uma melhor noção do que é. Que nem no LS4 que a gente começa a ter os processos e as retroalimentações.

**E10B:** no LS1 é só mapa conceitual.

**E2B:** no LS2 já tem as simulações, quantidades, entidades e influências. No LS3, as magnitudes.

**E6B:** No LS4 a gente sabe que tem os processos.

**E17B:** A gente passa a ter necessidade dos Is e dos Ps.

**E11B:** No LS4 a gente compreende melhor as coisas.

Quando perguntado sobre os principais elementos utilizados na representação de processos, os estudantes responderam:

**E17B:** As influencias diretas e indiretas.

**Prof.:** hum.

**E6B:** Tem a parte de retroalimentação também.

Além disso, foram capazes de identificar as características principais dos elementos importantes no funcionamento de um sistema dinâmico.

**Prof.:** Entendi e vocês saberiam a diferença entre os Is e os Ps?

**E11B:** Sim.

**E2B:** os Ps usa para + e -, e I são para taxas.

Sobre os elementos Is e Ps, por serem essenciais na representação de um fenômeno complexo, avançamos na discussão, com objetivo de captar as concepções dos estudantes sobre esses conceitos.

**Prof.:** certo. E o que significa o I+?

**E11B:** Adiciona valores no estoque e o I- retira valor do estoque.

**Prof.:** Muito bem. E alguém quer completar alguma coisa?

**E13B:** Por exemplo vou falar dessa questão do P+ e do P-. Você tem que analisar se as quantidades relacionadas vão mudar na mesma direção ou em direção diferente. Se ela for P+, é como se fosse o +, algo vai aumentar e a outra também. Se diminuir, o outro também vai diminuir. E se for P- podemos comparar com o -, uma aumenta e a outra diminui e vice-versa. Então eu gosto de fazer essas associações que até é mais fácil para eu entender o que estou fazendo e também me ajuda bastante.

No relato acima, percebe-se que o estudante E13B mencionou de forma satisfatória a função das Proporcionalidades qualitativas (Ps) no modelo de simulação. Com isso, a discussão foi direcionada para que os estudantes mencionassem sobre o entendimento deles sobre os Is.

**Prof.:** E o I?

**E2B:** O I é só para taxas, ele representa processos no sistema.

**Prof.:** Para taxas. E o que significa o I+?

**E11B:** Ele éhh, aumenta, adiciona valor no estoque.

**Prof.:** Muito bem. E o I-?

**Alguns alunos:** Diminui valor do estoque.

Um pouco mais à frente do debate, foi mencionada também a retroalimentação.

**Prof.:** É gente, a retroalimentação é um conceito importante para entender os sistemas complexos. Vocês saberiam me falar o que é retroalimentação?

**E17B:** explicar a retroalimentação balanceadora é mais fácil para mim, já que a balanceadora ela serve para equilibrar um processo que está trabalhando. Por exemplo, eu já estudei em geografia da população, que em alguns países como a Índia, onde a população é absurda, tem que fazer o controle de natalidade. Então a retroalimentação balanceadora entra para balancear e equilibrar um processo, tipo o de natalidade.

**E11B:** é para deixar o sistema estável.

**E17B:** isso...

**E11B:** por exemplo, igual lá na China que você não pode ter mais de um filho. É porque lá tem grande população e pouco espaço. Então se as pessoas tiverem mais filhos vai aumentar o espaço ocupado, vai diminuir a comida, a água, entendeu? Então tem que balancear.

**Prof.:** Uhum... e a reforçadora?

**E17B:** A reforçadora a gente consegue trabalhar com ela da seguinte forma: continuando o assunto sobre população, se tem um lugar que tem muitos idosos e poucas crianças nascendo, o governo não vai conseguir sustentar a aposentadoria. E tipo, não tendo alguém na base para trabalhar e manter o salário dos idosos que eles ganham mensalmente é preciso acionar uma retroalimentação reforçadora, para incentivar mais nascimento de crianças, mas é claro que o resultado não vai ser de imediato, e sim com o tempo. Claro que a gente tem pensar quais formas a gente consegue aumentar a taxa de natalidade, mas de qual forma isso tem que ser feito com segurança para não ter outros prejuízos, como a superpopulação.

**E2B:** ou seja, a retroalimentação vai controlar né?

**Estudantes no geral:** isso...

**E17B:** ela vai controlar o sistema.

Os estudantes explicam a retroalimentação por meio de exemplos práticos vistos durante o curso e também nas aulas de Geografia. Pelos relatos é possível evidenciar que eles reconhecem os mecanismos de retroalimentação como forma de controle do sistema. Um fato interessante foi mencionado na fala do aluno E17B: “[...] mas é claro que o resultado não vai ser de imediato, e sim com o tempo”. De fato, os mecanismos de retroalimentação retornam os efeitos (balanceador ou reforçador) aos processos, os quais são representados por meio de taxas. É importante ressaltar que as taxas mostram os fluxos relacionados à unidade de tempo. Então, com efeito, os resultados esperados pelos mecanismos de retroalimentação controlam o sistema, em um período de tempo. E as múltiplas possibilidades de resultados (as previsões) são mostradas nas diferentes trajetórias geradas nas simulações.

### Bloco 3 – Conceitos de modelagem

A partir dessa questão, os estudantes dialogaram sobre o uso das ferramentas da modelagem para reconhecer a estrutura e o funcionamento de fenômenos do mundo real. Inicialmente, eles apresentaram o potencial da modelagem para compreensão de processos, como mostra os relatos:

- E2B:** assim, estudar com modelos fica mais fácil para entender os processos.
- E17B:** porque conseguimos ver como realmente os processos ocorrem em um sistema.
- E10B:** tipo eu, antes do curso eu não enxergava os processos.

E para saber se os estudantes reconhecem processos, foi perguntado sobre o que eles entendem do assunto. O estudante E17B responde que “são as causas de mudanças no sistema”. Foi pedido que os estudantes mencionassem exemplos de processos do mundo real. Os trechos abaixo evidenciam alguns extratos com exemplos citados durante o debate:

- E16B:** Tipo, a produção de lixo na orla do lago.
- E6B:** Sobre o desmatamento, os processos de transformação dos estados de agregação da água.
- E17B:** Os processos de tratamento da água, de distribuição para a população, e também tipo, o que causa os processos da água né?
- E2B.:** Certo, enchentes né?.
- E6B:** E também outros processos da sociedade, por exemplo, a parte do banco lá, com depósito e saque.
- E10B:** Aquela inundação lá no Rio de Janeiro.

Abaixo seguem trechos em que os estudantes buscam explicar os fenômenos utilizando a linguagem de modelagem.

**Prof.:** isso, então falem outros exemplos de processos.  
**E11B:** A fusão.  
**Prof.:** Isso. Como acontece o processo de fusão.  
**E2B:** diminui a quantidade de água sólida e passa para a água líquida.  
**Prof.:** Muito bem. E como isso acontece?  
**E11B:** por exemplo, alguma forma de energia faz com que tenha a redução de água sólida, porque vai passar para a água líquida.  
**Prof.:** certo, então a Fusão é um processo?  
**E17B:** sim, outro exemplo é a solidificação. Tem também a evaporação, a precipitação. A água é a quantidade quando estamos trabalhando com esses processos da água.  
**Prof.:** Uhum, certo. E atmosfera pode ser um objeto?  
**E11B:** sim, é uma entidade.  
**Prof.:** então, por exemplo, vamos utilizar um processo desses que vocês mencionaram e vamos relacionar com os elementos de modelagem.  
**E11B:** tá, então por exemplo, a precipitação.  
**E17B:** é, na precipitação temos a atmosfera e o solo como objetos.  
**E6B:** objetos ou entidade né?  
**E17B:** isso, a água é uma quantidade.  
**Prof.:** E que mais? O que seria a taxa de precipitação?  
**E17B:** a taxa de precipitação também é uma quantidade.  
**E11B:** então a taxa de precipitação retira vapor da atmosfera e adiciona água líquida na terra.  
**Prof.:** e quais os elementos que a gente usa para representar a taxa de precipitação retirando água no estado vapor e adicionar no solo?  
**Alunos no geral:** os Is...  
**E17B:** retirar é o I- e adicionar o I+.

Os relatos mostram que, nos exemplos citados envolvendo a fusão, a solidificação e a precipitação, os estudantes são capazes de utilizar os instrumentos da modelagem qualitativa para reconhecer os fenômenos do mundo real.

#### **Bloco 4 – DynaLearn físico e Dyna web**

Os estudantes discutiram, neste bloco, sobre as versões de *DynaLearn* (física e web). Assim como foi relatado nas entrevistas, os estudantes afirmam ter preferência em modelarem no *Dyna web*. Os motivos são relacionados, de acordo com os estudantes, pelos seguintes pontos: 1- ausência de instalação em computadores; 2- à praticidade da plataforma, por exemplo, em não ser necessário o uso de comandos do computador [como o uso da tecla ‘shift’] para a execução de determinada função. Ainda nesse ponto foi mencionado que na versão física de *DynaLearn*, alguns comandos incorretos no teclado do computador [por exemplo, a tecla ‘esc’] pode fechar o programa; 3- pelo acesso que pode acontecer de qualquer máquina, inclusive de smartphones, desde que estejam conectados a internet; 4- os modelos são salvos automaticamente na nuvem; 5- estão na língua Portuguesa . Sobre esses pontos, seguem alguns relatos dos estudantes:

**E11B:** O *DynaLearn* para mim é mais fácil que primeiro [*DynaLearn* físico] que você não tem que instalar, fazer todo aquele processo de instalação que nem sempre dá certo. E também você não precisa apertar o “shift” para ativar as entidades, ativar as quantidades.

**E10B:** Antes eu não gostava do *Dyna web*, mas depois eu aprendi a gostar.

**E2B:** Eu também não gostava. Mas hoje pra mim o *Dyna web* é melhor, porque em qualquer lugar você consegue mexer, até no celular. Agora o físico você tem que instalar e ficar apertando muitas teclas para mexer. E ainda corre o risco de apagar o modelo.

**E17B:** E corre o risco de apertar algo que não seja do programa. É, acho que é o esc mesmo, que se apertar fecha todo o modelo.

**E11B:** Agora no *Dyna web* não, já fica salvo.

**E2B:** Isso, já salva se fechar.

**E13B:** e o *Dyna web* é em português.

**Alguns alunos:** é verdade, é em português.

**E17B:** Às vezes no *DynaLearn* físico apaga tudo, fecha o programa e dá um bug dele.

**Prof.:** hum. E você E6B, o que acha das versões de *DynaLearn*?

**E6B:** depois que a gente começou a trabalhar no web eu passei a gostar mais do *Dyna web*.

**Prof.:** ah entendi.

**E6B:** Hoje eu prefiro o web.

Um dos estudantes afirma que não tem preferência em relação às duas versões de *DynaLearn*; porém, quando cria modelos ou desenvolve atividades, por exemplo, como tarefa de casa, geralmente utiliza o *Dyna web*.

**Prof.:** E o E16B não falou... qual a sua experiência E16B no *DynaLearn* nas duas versões?

**E16B:** eu gostei dos dois.

**Prof.:** Não tem nenhuma preferência?

**E16B:** assim, eu gosto dos dois, mas quando estou em casa fazendo um modelo automaticamente eu já abro o *Dyna web*, mas se for preciso também faço os modelos no *DynaLearn* físico.

E os estudantes também foram perguntados sobre possíveis desvantagens do *Dyna web*. Entre as desvantagens, é citado que quando o modelador faz algum erro, por exemplo, na direção das setas, o *Dyna web* não aceita apenas trocar o sentido da relação de influência. Neste caso, é necessário apagar e criar outra seta; no entanto, o próprio estudante afirma que “não é uma grande desvantagem isso” (E17B). Outra desvantagem mencionada se refere a entrada na própria plataforma, uma vez que a senha é feita por combinações difíceis de serem memorizadas. Sobre isso, o estudante sugere que possa criar um mecanismo do próprio usuário criar o *login* e senha.

**Prof.:** Tá certo. Pessoal e vocês me fariam uma desvantagem do *Dyna web*?

**E17B:** Do web é o seguinte: quando você erra o sentido da seta, no físico basta trocar o sentido da seta. No web você tem que apagar, refazer a seta e deixar tudo certinho. Qualquer erro na verdade, você tem que refazer. E assim, é algo que passa tranquilo, não é uma grande desvantagem isso.

**Prof.:** Certo. Mais alguém?

**E16B:** Às vezes ele fecha, mas ele salva.

**E11B:** mas nem é problema do *Dyna*, é do PC.

**Prof.:** Entendi. Então, chegou a acontecer isso, o *Dyna web* fechou algumas vezes?

**E2B:** Sim, mas ele já salva e a gente não perde o modelo.

**E6B:** outra coisa é que poderia deixar a gente criar o nosso login e senha. Aquela senha que a gente tem para entrar no *Dyna web* é difícil pra memorizar.

**Prof.:** hum, então poderia ter esse mecanismo dos próprios usuários criarem a senha né?

**Alunos no geral:** sim....

### **Bloco 5- *DynaLearn* como instrumento de Aprendizagem**

Neste bloco de debate, foi possível verificar as concepções dos estudantes da turma B sobre utilizar o *DynaLearn* nas disciplinas escolares. Dentre as respostas dos estudantes, foi mencionado que o *DynaLearn* pode ser utilizado como instrumento de avaliação, por exemplo para “apresentar trabalhos, seminários” (E11B). O *software* tem potencial para ser utilizado tanto para professores e estudantes. De fato, usuários que dominam a linguagem da modelagem podem comunicar conhecimentos por meio de modelos, e nesse sentido, apresentação de seminários facilitaria a representação dos processos por meio de uma interface interativa que o *DynaLearn* possibilita.

Outros estudantes fazem referência ao *DynaLearn* como ferramenta para disciplinas que exploram fenômenos da natureza, por exemplo, química, geografia, geociências, biologia, e que possibilita enxergar nos conteúdos como os objetos se influenciam mutuamente.

**E17B:** Dá para usar em tudo, mas tem algumas matérias que a gente trabalha com um pensamento mais dinâmico, como geografia, geociências, química.

**E2B:** isso, e até dá para ajudar a enxergar as coisas mais relacionadas.

**E17B:** dá pra gente fazer os processos envolvidos nas matérias de química, biologia, geografia e geociências. Por exemplo, o ciclo da água, os processos do ciclo da água.

E por fim, ainda neste bloco, os estudantes mencionaram exemplos de processos nas disciplinas escolares que poderiam ser modelados em *DynaLearn*.

**E13B:** Eu acho que poderia utilizar nas matérias, por exemplo geociências que a gente estuda a movimentação das placas tectônicas, erosão do solo, então dá para utilizar.

**Prof.:** E vocês conseguem reconhecer processos nessas disciplinas?

**Alguns alunos:** Sim.

**Prof.:** Poderiam citar mais exemplos?

**E17B:** tipo, na geografia que a gente estuda a imigração e emigração, são processos.

**E2B:** os próprios processos do ciclo da água que a gente viu, isso aprende na Química.

E como sugestão, a estudante E2B faz referência a uma das metodologias que utilizadas durante a intervenção, a qual era iniciado um modelo simples, geralmente em LS1, e no decorrer das aulas o nível de complexidade foi sendo elevado, até chegar a representação de processos, em LS4. Nesse sentido, a estudante sugere: “a gente pode começar fazendo os mapinhas e ir aumentando o nível igual à gente fez nas aulas de modelagem” (E2B).

### **Bloco 6 - Pensamento sistêmico**

Buscou-se investigar a concepção dos estudantes sobre como eles analisam o funcionamento de um sistema, e se estavam com uma visão mais crítica e sistêmica sobre os fenômenos. Isso perpassa por perceber que os fenômenos e os objetos destes fenômenos estão correlacionados, se influenciando mutuamente. Segundo os relatos dos estudantes, a intervenção baseada na modelagem colaborou para que eles desenvolvessem uma visão mais crítica dos fenômenos naturais.

**E11B:** Foi diferente só que eu nunca tinha visto. Igual, eu antes de fazer o curso, eu não tinha uma visão mais ampla dos fenômenos...

**E6B:** A gente melhora a visão sistêmica.

**E11B:** Antes a gente via as coisas de forma unilateral, e agora não, a gente consegue ver os processos no sistema e as coisas mais relacionadas. Por exemplo, a atmosfera interage com a terra. O sol esquenta a terra, que tem água e vira vapor. Depois o vapor volta para a terra, porque vai chover. É uma coisa influenciando a outra.

**E2B:** é a gente fez modelos dos processos que mostram os estados de agregação das moléculas.

**E11B:** Sim.

Os estudantes dialogaram sobre um dos principais temas trabalhados durante a intervenção pedagógica: o ciclo da água. E sobre esse assunto, eles reconhecem os processos envolvidos no sistema, assim como os objetos que se interagem dinamicamente.

**E17B:** É justamente isso porque é um sistema dinâmico onde tudo é uma interação com alguma coisa como a atmosfera que interage com a terra, com o sol, com o mar e tipo uma vai estar ligado com a outra, e mudando as propriedades dos objetos constantemente, e isso que é o sistema dinâmico.

**Prof.:** hum...

**E11B:** Mas é praticamente isso mesmo, uma coisa ligada à outra. Por exemplo, o sol aquece a água e com isso a água sobe para a atmosfera e nisso ela aciona a taxa de precipitação e com isso vem a chuva que traz a água para o solo de novo. O modelo mostra o que está acontecendo no sistema.

**E6B:** É um ciclo infinito que não para, com retroalimentação agindo no sistema.

Durante o GD, foi pedido aos estudantes para que eles continuassem os debates sobre a dinâmica dos sistemas envolvidos no ciclo da água, mas fazendo referência, de forma mais detalhada, aos elementos da modelagem qualitativa.

**E17B:** A gente pode trazer da seguinte forma, os componentes que ele falou seria quais no nosso modelo? O solo seria uma entidade, e o sol seria o agente.

**E11B:** A atmosfera seria uma entidade também.

**E10B:** E tem as taxas né?

**E11B:** tem as taxas. Taxa de evaporação, taxa de precipitação.

**E2B:** As quantidades, que é água líquida, a água em forma de vapor.

**E11B:** É, quantidades. As entidades é a atmosfera e o solo.

**Prof.:** Uhum. Muito bem. E me falem também como a retroalimentação atua no ciclo da água. Você poderiam me dar um exemplo?

**E17B:** A gente consegue trazer isso pensando no ciclo e no estoque.

**Prof.:** Como?

**E17B:** A evaporação aumenta a quantidade de água, mas água vapor na atmosfera, e a retroalimentação devolve o efeito para o processo.

**Prof.:** hum...

**E17B:** e o vapor de água na atmosfera aciona a chuva.

**E2B:** que é a precipitação.

**E17B:** isso, a taxa de precipitação, que vai aumentar a água líquida no solo, tipo vai devolver o efeito do processo inicial.

**E11B:** A retroalimentação vai reforçar o processo, continuando o processo inicial de evaporação.

No que se refere aos processos do ciclo da água, mencionados nos relatos dos estudantes, é possível perceber que são evidenciados os componentes de um sistema, com referência nas ferramentas disponíveis no *DynaLearn*. Além disso, é apontado também o funcionamento do sistema, baseado nos processos e mecanismos de retroalimentação envolvidos. Então, os relatos indicam que, pelo menos em relação a estes assuntos, os estudantes são capazes de dialogarem sobre o funcionamento desses fenômenos. Além disso, é também preciso considerar que outros processos foram mencionados nos discursos dos estudantes durante o GD, como aqueles descritos no bloco 3 (conceitos de modelagem), por exemplo inundação, fusão, desmatamento e solidificação.

### **Bloco 7 - Outros**

Nesse último bloco os estudantes da turma B fizeram considerações da intervenção, principalmente no que se refere à continuidade da intervenção em outras edições. Os estudantes demonstraram interesse em participar de outras edições, inclusive como colaboradores/monitores para estudantes iniciantes de outras turmas e/ou escolas.



**Prof.:** Pessoal, eu não tenho mais perguntas. Vocês gostariam de falar algum assunto que não conversamos?

**E16B:** Ah tipo, vai ter mais projetos como esse?

**E6B:** eu queria saber se tipo nos próximos anos a gente vai ter esse projeto.

**E11B:** É, vai ter o curso para os próximos primeiros anos...

**E6B:** Eu quero ser monitora tá?

**E2B:** Eu também quero ser monitora.

**E6B:** tipo em outros lugares, em outras instituições, em outra escolas, pode ter esse curso?

**Prof.:** Humm... excelentes perguntas.

De fato, é um projeto inovador, especialmente no contexto brasileiro, em que os estudantes desenvolvem a aprendizagem em Ciências/Química por meio da construção e a simulação de modelos. Em resposta aos questionamentos dos estudantes, foi mostrado que é possível sim ter a continuação deste trabalho, seja em outras pesquisas em nível de Pós-Graduação, ou também em projetos de ensino e extensão da própria escola, inclusive porque o executor da ação é docente da instituição.

Finalmente, uma das estudantes questionou “E por que você escolheu o primeiro ano para desenvolver o curso e não o segundo?” (E6B). Um dos fatores se refere à disponibilidade dos estudantes da 1.<sup>a</sup> série do Ensino Médio da instituição onde desenvolvemos a pesquisa. Nessa série existe mais disponibilidade de horários na matriz curricular para a participação em atividades extras. De fato, na proposta de intervenção foram quatro aulas semanais e ainda momentos de atendimento para auxílio nas tarefas de casa ou esclarecimento de dúvidas. Pesquisas posteriores podem desenvolver ações baseada na Dinâmica de Sistemas também em outras séries do Ensino Médio, e também na Educação Superior. Muitos dos nossos materiais construídos e apresentados aqui podem ser base de inspiração para futuros trabalhos.

## 8 DISCUSSÃO

Os esforços nesta pesquisa de doutorado permitiram reunir um conjunto de resultados, tanto de natureza quantitativa quanto qualitativa, que mostram o potencial da construção e manipulação de modelos qualitativos para o desenvolvimento de materiais didáticos para o Ensino de Ciências e Química. Os testes aplicados durante o curso oferecido aos alunos participantes deste trabalho, matriculados na 1<sup>a</sup>. série do Ensino Médio, demonstraram, com resultados estatisticamente significativos, que a compreensão da estrutura e o funcionamento dos sistemas modelados melhorou ao longo da sequência de atividades realizadas em *DynaLearn*, do LS1 ao LS4, de acordo com a abordagem LbM.

Os questionários mostraram que os elementos da linguagem de modelagem inspirada na Teoria Qualitativa dos Processo (FORBUS, 1984) foram apropriados pelos estudantes com relativa facilidade. As entrevistas e os grupos de discussão demonstram que os estudantes reconheceram ter mudado sua visão dos assuntos representados nos modelos, e em alguns aspectos de conteúdos de outras disciplinas. Essas mudanças estão alinhadas com as habilidades que caracterizam o pensamento sistêmico discutido por Richmond (1993). Com essas evidências, consideramos que os objetivos gerais estabelecidos para este trabalho foram atingidos.

Nas próximas seções, ressaltaremos alguns pontos de maior relevância dos resultados obtidos de modo a criar um diálogo com a tese de doutoramento aqui proposta.

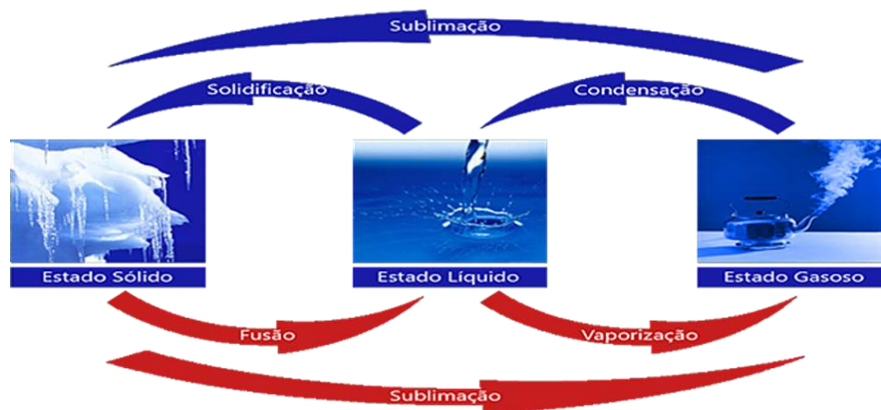
### 8.1 Sobre a Modelagem Qualitativa na Educação em Química

Durante a intervenção desenvolvemos ações para que os estudantes tivessem condições de construir modelos qualitativos, e assim raciocinar e pensar com visão ampla/sistêmica sobre temas científicos do cotidiano. Concordamos com (FERREIRA; JUSTI, 2008) acerca do potencial dessa estratégia para enriquecer atividades didático-pedagógicas no Ensino de Química e de Ciências Naturais.

Os modelos qualitativos aqui apresentados sobre esse assunto mostraram o processo dinâmico da transformação dos estados físicos da água, envolvendo as trocas de energia, que, conforme explica Tiedeman (1998), é uma maneira mais satisfatória de conceituar a transição dos estados de agregação das moléculas.

Isso é importante porque, geralmente, os materiais didáticos disponíveis mostram sistemas estáticos (por exemplo, da Figura 7.76), e dificilmente conseguem abranger as explicações que realmente estão acontecendo no sistema.

**Figura 7.76.** Processos da transformação da água.



Fonte: [http://www.aulas-fisica-quimica.com/imagens/7q\\_10\\_04.png](http://www.aulas-fisica-quimica.com/imagens/7q_10_04.png). Acesso em 04/10/2019.

Com efeito, os modelos qualitativos construídos e apresentados nesta tese permeiam e tomam como referencial os diferentes elementos constitutivos dos processos envolvidos na transformação dos estados físicos da água, assim como aplica os conceitos científicos básicos trabalhados e contextualiza o assunto a partir de problemas nas áreas urbana, como foi o caso do modelo da Tempestade. Como disse o estudante E17B, “acho que a melhor coisa que tem é que a gente começa a trabalhar com processos reais que a gente está com contato no dia a dia, por exemplo, clima, tempo, ter uma noção melhor de como os processos funciona”.

Os modelos elaborados foram delineados, durante o curso, e validados por especialistas, com base nos conteúdos trabalhados na 1.<sup>a</sup> série do Ensino Médio e na literatura existente sobre esses assuntos, que problematizamos por meio de diagramas, modelos verbais, vídeos e pelo próprio contexto local dos estudantes. A validação dos modelos colaborou para verificar os conceitos científicos trabalhados da área de Química/Ciências Naturais presentes nas simulações e nos comportamentos dos sistemas gerados, conforme proposto em nossos objetivos específicos.

Observamos que os modelos foram acessíveis para a Educação Básica, especialmente porque não dependem de dados numéricos de qualidade, se comparados com modelos quantitativos de simulação, conforme já discutido por Bredeweg e Forbus (2003). Como disse o estudante E11A sobre o uso de *DynaLearn* como instrumento de

aprendizagem, “a gente aprende mais, né? (...) até para matemática e essas coisas, porque a gente trabalhou com a parte financeira, trabalhou com **números**, sem trabalhar com números...” [*quantidades, grifo nosso*].

Conforme mostrou Borkulo (2009), a modelagem no Ensino Médio é uma atividade desafiadora, e a forma gradativa e processual dos trabalhos com os modelos, da forma que inserimos no âmbito da sala de aula, contribuem para que a modelagem seja aliada do Professor no processo de ensino-aprendizagem. Iniciamos o trabalho com modelos mais simples, em LS1, em que representamos basicamente a estrutura hierárquica e a relação entre conceitos. Seguimos para modelos causais básicos (LS2), já introduzindo as simulações e as relações de causa efeito. Depois de ter esses conceitos consolidados, avançamos para o LS3, já representando a dinâmica de sistemas mais simples.

E, por fim, passamos para o LS4, nível em que representamos processos e os mecanismos de retroalimentação. O estudante E6A comentou: “o LS4 foi fácil para a gente pegar, mas é porque teve o passo a passo. A gente pegou primeiro as entidades, as configurações e foi com o tempo foi aprendendo as outros [conceitos]. Então eu acho que se a gente fosse direto para o LS4, muita gente poderia ficar perdida e já não conseguiria avançar, e até desistiria do curso...”

É importante destacar também que os materiais e modelos utilizados foram construídos a partir de problemas reais (e que fazem parte do cotidiano dos estudantes). Concordamos com Forrester (2009), uma vez que a SD ainda proporciona estrutura que supera a fragmentação/compartimentalização das disciplinas. Por isso buscamos trabalhar, no curso, modelos que articulam as diferentes áreas de Ciências da Natureza e da Terra. Por exemplo, o modelo Tempestade foi construído a partir da problemática do Rio de Janeiro, articulando os conteúdos de Química (com os processos de transformação da água), de Geografia (referente aos choques entre as massas de ar quente e frio que provocam trocas de energia), Biologia (com relação aos problemas ambientais gerados), e até mesmo disciplinas das Ciências Humanas (que possibilitam discussões envolvendo os impactos e danos sociais e econômicos).

O estudante E3A comentou “eu gostei de construir os modelos, trabalhar com as simulações é porque ajuda a entender muito melhor as outras matérias. Por exemplo, hoje nós estávamos apresentando mais cedo os trabalhos de Geografia. Aí o professor chegou e perguntou ‘você conseguiram entender melhor o ciclo de evaporação?’ E sim,

a gente aprende melhor, são processos que explicam os sistemas. Aqui você aprende mesmo, pois é uma coisa da realidade e dessa vez você aprende mesmo o fato.”

Por esse motivo, concordamos também com Forrester (2009) em que a SD tem estrutura para a integração e transição entre as diferentes áreas do conhecimento. Isso é consistente com o complexo mundo em que vivemos, no qual a integração entre os componentes dos sistemas (e os próprios sistemas) é cada vez mais exigida. Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica, os estudantes precisam compreender os fenômenos e processos como um todo dinâmico, e a partir daí, atuará mais criticamente no mundo em que vive (BRASIL, 2013).

Tanto por questões teóricas quanto práticas, as Ciências Naturais, especialmente a Química, ainda constituem uma área desafiadora para o RQ. De fato, encontramos poucos trabalhos da área de Química fundamentados no RQ. Destacamos o trabalho dos autores Syed, Pang e Sharifuddin (2002), em que apresentam uma aplicação do RQ a partir da representação de misturas e reações nas aulas de química; e também o trabalho de Salles, Gauche e Virmond (2004), em que desenvolveram um modelo que possibilita a representação de interações entre reações químicas e corrente elétrica no sistema conhecido como Pilha de Daniell.

A modelagem baseada no RQ oferece uma nova forma de representação e interpretação dos fenômenos naturais. Essa abordagem pode dar muitas contribuições à Química, ciência experimental, de natureza abstrata, e que busca compreender os processos de transformação da matéria. Ainda assim, existem muitos problemas a serem resolvidos para o desenvolvimento teórico e para aplicações em sala de aula no Ensino de Química e que pesquisas futuras podem abranger.

## **8.2 Triangulação dos resultados encontrados na Pesquisa: em foco, os conceitos e pressupostos da Dinâmica Qualitativa de Sistemas**

Durante toda a intervenção, os estudantes analisaram a estrutura, o comportamento e os processos envolvidos no sistema. Nos resultados encontrados em todos os instrumentos utilizados para a coleta de dados utilizados, os estudantes demonstraram ter gostado das atividades de modelagem, especialmente no que se refere à própria ação de construir modelos e também executar simulações. Acerca dos conceitos utilizados para a modelagem (o estudante E21A afirmou que a linguagem “é mais próxima do que a gente tá vivendo e a gente tem um pouco de noção do que

acontece. Quando a gente pega o modelo, a gente já entende olhando o modelo porque a gente já vive isso. Aí a gente tem um pouco de facilidade”). Esses resultados confirmam pesquisas anteriores, por exemplo, Borkulo (2009) e Mioduser *et. al.* (2012), em que utilizaram o LbM na metodologia de trabalho de modelagem.

Além disso, Mioduser *et. al.* (2012) reafirmou que os estudantes são mais motivados no processo educacional. E isso foi constatado em nosso trabalho. Pudemos evidenciar, por exemplo, pela considerável adesão e continuidade dos estudantes no curso. A turma A iniciou o curso com 25 estudantes e finalizou com 22; e a turma B iniciou com 23 e finalizou com 17. Faz-se necessário ressaltar que a carga horária dos estudantes no ensino regular/técnico é alta, com mais de 30 aulas semanais. Além disso, a participação no curso não teve notas/valores atribuídos às disciplinas. Ou seja, de fato, os estudantes se interessaram e gostaram das atividades, como demonstrou o estudante E6B: “é pesado à carga horária da escola, mas quando a gente está aqui, é legal. Não é uma coisa chata de se fazer...”.

E Borkulo (2009) argumenta que a modelagem é uma atividade complexa para o Ensino Médio, principalmente pelo fato de não existir um procedimento, do tipo ‘receita’ pré-estabelecida para as atividades. Jacobson e Wilensky (2006), consideram que desenvolver o raciocínio científico, especialmente a partir de sistemas dinâmicos, é uma tarefa desafiadora para os estudantes, seja no Ensino Básico ou até mesmo na Educação Superior.

De fato, as avaliações feitas por meio de pré e pós-testes evidenciam que os estudantes são capazes de identificar a estrutura de um sistema, com entidades, quantidades, configurações, influências, EQ, taxas, variáveis de estado/Estoque, fazer previsões do comportamento, reconhecer e explicar a atuação de efeitos antagônicos nos sistemas, e ainda construir modelos de simulação, desde os mais simples (em LS1, LS2) aos mais complexos (em LS3, que já representa a dinâmica do sistema, e em LS4, que representam processos e mecanismos de retroalimentação).

Nas entrevistas, nos Grupos de Discussão e nos Questionários foi possível perceber que os estudantes também mostraram identificar a estrutura e reconhecer o funcionamento de sistemas. Com efeito, em nossos resultados, mostramos que os estudantes reconhecem as variáveis de estado como estoques, os quais se acumulam valores ao longo do tempo; identificam a coerência entre as unidades de medidas, especialmente entre taxas e variáveis de estado (por exemplo, muito foi mencionada, tanto nos questionários quanto nos GDs, a relação da taxa por unidade de tempo); e

reconhecem os tipos e a função dos mecanismos de retroalimentação em um sistema. Esses conceitos, importantes na compreensão da Dinâmica Qualitativa de Sistemas, segundo Salles *et. al.* (2012b), foram fundamentalmente explorados em grande parte de nossas atividades (no total, 30 aulas em LS4). Interessante notar que, dentre os conceitos mencionados como mais difíceis, foram destacados Retroalimentação e Influências diretas, conceitos fundamentais para modelar a DQS (SALLES *et. al.*, 2012b). No entanto, ainda assim, os resultados indicam que os estudantes são capazes de se expressar corretamente sobre eles.

### **8.3 Uma discussão em destaque sobre o desenvolvimento do Pensamento sistêmico na concepção dos estudantes**

O desenvolvimento de ações didáticas propositivas voltadas para a SD colabora substancialmente para a formação dos estudantes, possibilitando ampliar a visão de mundo, de tal forma que eles percebam como as coisas se influenciam mutuamente: “o modelo permite a gente ter uma visão de todos os assuntos, da gente aprofundar mais sobre aquilo que influencia as coisas”, afirmou o estudante E3A.

Com efeito, a literatura sustenta que é possível desenvolver essa formação mais ampla, com raciocínio e pensamento mais crítico, a partir da SD (RICHMOND,1993; JACOBSON; WILENSKY, 2006). Para isso, segundo Richmond (1993), é preciso que as aulas sejam centradas em sistemas e proporcionem um processo educacional voltado para o estudante; que tenha o uso de boas ferramentas/instrumentos para a construção de modelos de simulação; e que seja baseada nos pressupostos para o desenvolvimento do pensamento sistêmico.

Richmond (1993) discute o pensamento sistêmico assentado em sete habilidades, as quais foram apresentadas em nossa revisão, especialmente na seção que tratamos os pressupostos e conceitos da SD (seção 2.3). É fato que em metodologias mais tradicionais/convencionais os estudantes não são estimulados a pensarem sistemicamente e dinamicamente. Geralmente são atividades que levam a repostas mais lineares e simplistas, sem as inter-relações entre os objetos (e suas propriedades) de um sistema. E superar essas visões unilaterais para promover o pensamento sistêmico foi um dos nossos objetivos. Para isso, utilizamos os conceitos da DQS, proposta por Salles *et. al.* (2012b). Com efeito, o Quadro mostrado na seção 1 da seção 7.2 evidencia as habilidades do pensamento sistêmico, segundo Richmond (1993), alcançadas a partir dos materiais fundamentados na DQS (SALLES *et. al.*, 2012b), e no Questionário de

avaliação final, os estudantes também se referem às contribuições de nossa intervenção para o desenvolvimento do Pensamento Sistêmico.

Adicionalmente, Forrester (2009) destaca que o reconhecimento dos mecanismos de retroalimentação de um sistema, como forma de explicar o controle, a estabilidade e os comportamentos evidenciados por sistemas complexos, são aspectos imprescindíveis para o pensamento sistêmico, e uma visão crítica do mundo. Como instrumento de modelagem, utilizamos o *DynaLearn*, e como mostrado, é uma ferramenta poderosa na construção de sistemas complexos, especialmente no LS4 - nível que representa sistemas dinâmicos com noção de processos, influências diretas e indiretas, taxas estoques e mecanismos de retroalimentação. Além disso, reunimos alguns relatos, os quais são disponibilizados Apêndice N, que expressam o sentimento dos estudantes ao perceberem que desenvolveram uma visão mais crítica do mundo a partir deste trabalho.

Todos esses fatores foram relatados no Capítulo 7 (Resultados) e analisados nas seções anteriores desta Discussão. Concordamos com Richmond (1993) e Forrester (2009), e assim aconteceu em nossa proposta de intervenção: a articulação entre os pilares mencionados por Richmond (1993), os quais fundamentaram a construção de uma série de materiais e modelos com potencial para elevar o nível de compreensão de sistemas complexos, por parte dos estudantes.

#### **8.4 Outras habilidades que também contribuem no desenvolvimento do Pensamento Sistêmico**

A construção e a manipulação de modelos qualitativos permitem explorar outras habilidades, além daquelas mencionadas por Richmond (1993) para caracterizar o Pensamento Sistêmico. Os documentos oficiais, como a LDBEN (BRASIL, 1996), as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica (BRASIL, 2013), e a BNCC (BRASIL, 2018), assim como alguns programas de avaliações, por exemplo, o Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb), o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e o Programa de Avaliação Seriada (PAS) da UnB, também abrangem e definem habilidades e competências.

Como a intervenção foi destinada a estudantes da 1.<sup>a</sup> série do Ensino Médio, as habilidades e competências definidas para o PAS/UnB foram consideradas as mais adequadas por serem genéricas, abrangentes e desvinculada de conteúdos específicos dos componentes curriculares, especialmente porque, no curso, trabalhamos conteúdos



específicos de Química, mas também articulados com as outras áreas das Ciências Naturais e da Terra.

Segundo as autoras Silva e Felicetti (2014) (as quais realizaram uma vasta busca em pesquisas e documentos oficiais sobre a conceituação de habilidades e competências), podemos considerar que habilidades são relacionadas ao *saber fazer*, a partir da capacidade que os estudantes têm ou adquirem por meio de uma formação. As competências são relacionadas às aptidões que os estudantes possuem, e que podem [e devem] ser mobilizadas quando se exercitam habilidades. Diante disso, as habilidades e competências definidas pelo PAS/UnB puderam ser trabalhadas pelo rol de atividades de construção e manipulação de modelos qualitativos. No Quadro 2 evidenciado na seção 7.2, relacionamos as habilidades e as estratégias realizadas.

As habilidades e competências do PAS se convergem com a proposta de intervenção baseada na construção de modelos. Isso porque, ao construir modelos, o estudante começa por interpretar os fenômenos, selecionando informações centrais e periféricas (H2). Para o estudante E11A esse aspecto foi um dos pontos que chamou mais sua atenção: "ah! principalmente eu gostei de conseguir identificar aquilo que é mais relevante na realidade e no mundo para representar em um modelo".

Depois, os estudantes passam por uma etapa de planejamento, organizando estratégias e selecionando métodos (H4); executando tarefas, aplicando métodos adequados para análise e resolução de problemas (H7); e, finalmente, faz a análise crítica do trabalho desenvolvido, julgando a pertinência das opções adotadas na tomada das decisões (H12).

Em algumas situações durante o curso, os estudantes também deveriam refletir sobre tomada de decisões para solucionar problemas, por exemplo, na despoluição de um lago. Neste caso, duas estratégias foram mencionadas na problematização: Educação Ambiental, para sensibilizar a comunidade escolar; ou Investimento dos gestores da instituição para limpeza do lago (ver atividades propostas no Apêndice I).

Para desenvolver a capacidade de tomar decisões durante a solução de problemas, o estudante pode buscar atividades que são integradas com conhecimento de diferentes disciplinas (H3). Por exemplo, a morte de peixes em um lago pode ser explicada pelos parâmetros da qualidade da água (feita por análises químicas); e a erosão, causada nas proximidades de um lago, pode ser explicada por conteúdos da Geografia (por exemplo, estudo dos solos), ou Biologia (Vegetação e Botânica). Assim, faz-se necessário planejar, organizar as estratégias de ação (H4), formular hipóteses e

prever os resultados (H5). Como parte da execução, tem-se ainda a elaboração de textos coesos e coerentes (H6), formulando e articulando argumentos de forma adequada (H8), concretizados a partir da estruturação de cartazes e apresentação para a comunidade escolar.

### **8.5 *DynaLearn* versus *Dyna web*, na concepção dos usuários**

Nesta pesquisa utilizamos duas versões de *DynaLearn*, física e web. Os estudantes, participantes da intervenção, mostraram forte preferência pelo *Dyna web*, que consideraram muito mais fácil de operar. Várias vantagens foram mencionadas, por exemplo, 1- o acesso à plataforma, uma vez o *software* não precisa ser instalado no computador; 2- os modelos são salvos de forma automática, minimizando possíveis perdas de modelos criados; 3 – praticidade da plataforma, posto que não é necessário comandos do teclado para executar funções, por exemplo, com o uso do ‘Shift’, e não ocorrem problemas em relação a comandos incorretos que fecham o programa (como acontece com o *DynaLearn* físico, por exemplo ao pressionar a tecla ‘esc’); 4- é possível conferir os resultados das simulações (Cenário, Grafo, VHD) em uma única tela; 5- *Dyna web* está na língua portuguesa, que embora não seja fator determinante para usar ou não a plataforma, na concepção dos usuários, o idioma facilita o processo de modelagem.

Em relação ao *Dyna web* é importante mencionar que o nível mais complexo é o LS4, o que limita o tamanho e a complexidade de modelos. Assim, modelos maiores e complexos devem ser feitos no *DynaLearn* físico. O *Dyna web* também possibilita trabalhos de forma colaborativa entre os usuários. Com isso o modelo pode ser ampliado e melhorado a partir de diversos caminhos, colaborativamente entre os estudantes. Contudo, a abordagem colaborativa não foi explorada, nesta investigação, e que por isso fica como indicativa para trabalhos futuros.

Além disso, é nosso interesse dar prosseguimento aos trabalhos descritos nesta tese, e explorar ainda mais o potencial da plataforma *DynaLearn*, e gerar modelos bem maiores, particularmente no que concerne ao LS5 (uso de conhecimentos condicionais, em que um valor específico do EQ desencadeia mudanças no comportamento do sistema) e ao LS6 (uso de FM, que podem ser reutilizados em situações diversas; hierarquia de conceitos, na qual atributos podem ser herdados por entidades e mesmo, por FM, a geração de modelos causais – diagramas que mostram toda a estrutura de causalidade operando no sistema).

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A TESE

*“O modelo permite a gente ter uma visão de todos os assuntos, da gente aprofundar mais sobre aquilo que influencia as coisas. E outra coisa, não é um estudo cansativo porque primeiro você entende, você tenta entender, você se diverte fazendo, você aprende mais e ainda por cima você cria uma opinião.”*

(Estudante E3A)

A proposta de intervenção apresentada foi fundamentada em três bases teóricas: o Raciocínio Qualitativo, a Teoria Qualitativa dos Processos, e a Dinâmica de Sistemas. Além disso, nos apropriamos do *DynaLearn* como instrumento de modelagem para representar diagramaticamente o comportamento de sistemas físicos. Durante todo o curso, os estudantes construíram modelos, valorizando a abordagem escolhida nesta tese, LbM. Essa abordagem enfatiza o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem, uma vez que eles constroem modelos, fazem adaptações e analisam os sistemas e os resultados das simulações.

Diversas estratégias de trabalho, para alcançarmos os nossos objetivos, foram realizadas valorizando o protagonismo estudantil, em abordagem LbM, com trabalhos do tipo: tradução de modelos verbais; identificação de aspectos relevantes de sistemas descritos por meio de diagramas; representação de processos por meio de vídeos e textos problematizadores de livros didáticos; adaptação e ampliação de modelos qualitativos; seleção de estratégias para solução de problemas; atividades envolvendo testes, previsões e explicações do comportamento de sistemas. Esse conjunto de ações foi importante para possibilitar que os estudantes utilizassem a linguagem de modelagem para representar fenômenos em níveis crescentes de complexidade, e tivessem solidez na representação do conhecimento por meio de sistemas, reconhecendo, inclusive, que no mundo as ‘coisas’ estão interconectadas.

Em relação aos modelos aqui apresentados, tivemos resultados interessantes e foi possível relacionar, como base de outros modelos, de forma simples, a dinâmica da transformação dos estados físicos da água, com a variação da temperatura. Depois mostramos os processos envolvidos na transformação dos estados de agregação da água. Em seguida, representamos as trocas de energia, fatores que realmente promovem a transição de estados físicos. E finalmente, apresentamos um dos efeitos dos processos do ciclo da água em áreas rural e urbana, o modelo da Tempestade. Dessa forma, é

importante notar que os modelos foram elaborados, inicialmente, de forma mais simples, e, posteriormente, os conceitos e estruturas do modelo foram aplicadas/transferidas [*Transfer*, como mencionado na seção 7.6.1] para situações reais e mais complexas. Os modelos possibilitaram que as relações de causalidade, os processos envolvidos e os mecanismos de retroalimentação (naqueles feitos em LS4) fossem devidamente explicitados. Esperamos que esses modelos, assim como todos os outros apresentados como Apêndice K, sejam instrumentos para futuras pesquisas e trabalhos de sala de aula.

Os resultados encontrados nas atividades de Pré e Pós-testes, nas Entrevistas, Grupos de Discussão e Questionário de avaliação final nos deram evidências de que a modelagem baseada na SD, implementada com conceitos da DQS, promove o pensamento sistêmico. De fato, a parte experimental da pesquisa mostrou que práticas de modelagem com manipulação e construção de modelos qualitativos contribuíram de forma significativa para a identificação da estrutura e compreensão do funcionamento de sistemas, desde os mais simples aos mais complexos.

Em relação às entrevistas, aos GDs e ao Questionário final, os estudantes demonstraram que reconhecem a linguagem de modelagem e os conceitos estabelecidos pela DQS para representação de fenômenos do mundo real em modelos qualitativos. Além disso, os estudantes também se expressam mostrando que houve mudanças de comportamento em relação à visão de mundo deles. Com efeito, as ações foram desenvolvidas para que os participantes enxergassem os sistemas superando a visão linear e unidirecional. Então foi possível verificar que, pelas impressões dos estudantes e pelos relatos durante as entrevistas e GDs, as atividades didáticas contribuíram para promover o pensamento sistêmico.

Esta pesquisa também pôde identificar algumas características (que podem ser limitações em alguns contextos) para o desenvolvimento de trabalhos de modelagem nas escolas de Educação Básica. É prudente dizer que as condições de trabalho do professor influenciam diretamente na execução de projetos de pesquisa como este. A modelagem qualitativa é computacional, o que implica no uso de computadores em pleno funcionamento e com acesso à internet. Além disso, os professores precisam de tempo para planejamento das atividades, para que eles se apropriem de estudos e ferramentas como essas explicitadas nesta Tese. *DynaLearn* é um instrumento poderoso para a representação de sistemas dinâmicos; porém, o manuseio da plataforma exige intenso período de aprendizagem, dedicação e trabalho para a construção de modelos e

de outros materiais. É essencial envolver os professores na modelagem qualitativa para que esta ferramenta realmente possa desenvolver todo o potencial para transformar a educação científica.

Nesta pesquisa os estudantes mostraram clara preferência pelo *Dyna web*, e os motivos foram apresentados e discutidos neste texto. Entretanto, é importante mencionar que o nível mais complexo oferecido pelo *Dyna web* é o LS4. Por essa limitação, modelos maiores e complexos devem ser feitos no *DynaLearn* físico, em LS6. Outro ponto a destacar se refere à possibilidade de realizar trabalhos de forma colaborativa entre os usuários na plataforma *Dyna web*. Com isso o modelo pode ser ampliado e melhorado a partir de diversos caminhos, colaborativamente, entre os estudantes. Contudo, a investigação sobre este recurso colaborativo de *Dyna web* fica como indicativa para trabalhos futuros, uma vez que não foi explorado nesta pesquisa.

Esta tese sinaliza caminhos enriquecedores para uma educação mais ampla, crítica, em que os estudantes são capazes de visualizar e interpretar as relações operantes, fenômenos de interesse educacional e científico de forma sistêmica. Nesse contexto, a modelagem qualitativa, no viés da Dinâmica Qualitativa de Sistemas, amplia a visão de mundo dos estudantes, contextualiza os problemas e possibilita o protagonismo estudantil no processo de aprendizagem. Esta tese deixa prospecções para futuros trabalhos com mais uma importante contribuição no contexto brasileiro: a Dinâmica Qualitativa de Sistemas para promoção do Pensamento Sistêmico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAKER, D. *et al.* **Marketing Research**. 7th Ed., New York: John Wiley & Sons, 2001.

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.

ALVES, Z. M. M. B.; SILVA, M. H. G. F. D. Análise qualitativa de dados de entrevista: uma proposta. **Revista Paidéia**, v. 2, p. 61-69, 1992.

ANACLETO, R. G.; BILOTTA, P. Uma abordagem interdisciplinar sobre qualidade da água como estratégia para o Ensino de Ciências. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2622-2634, 2015.

ANJOS, B. V.; SALLES, P. Modelagem em Raciocínio Qualitativo sobre degradação de vegetação ripária em microbacias semiurbanizadas do cerrado. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v.17, p. 90-112, 2006.

ARAÚJO, S. C. S. **Modelos de simulação baseados em Raciocínio Qualitativo para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas**. 2005. 287 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília – DF. 2005.

BASTOS, R. C. G. **Introdução à dinâmica de sistemas**: proposta de disciplina a distância para curso de licenciatura em biologia, com uso de modelos qualitativos. 2014. 119 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. 2014.

BATISTA, E. C.; MATOS, L. A. L. NASCIMENTO, A. B. A entrevista como técnica de investigação na pesquisa qualitativa. **Revista interdisciplinar Científica Aplicada**, v. 11, n. 3, p. 23-38, 2017.

BOHNSACK, R.; NOHL, A. Youth culture as practical innovation: Turkish-German youth, time out and the actionisms of breakdance. **European Journal of Cultural Studies**, v. 6, n. 3, 2003, p. 366-385.

BORKULO, S. P. **The assessment of learning outcomes of computer modeling in secondary science education**. Ph.D. thesis, University of Twente, The Netherlands, 2009.

BOSSEL, H. **Ecological systems analysis**: an introduction to modelling and simulation. Kassel, Germany, German Foundation for International Development, DSE; Food and Agriculture Development Centre, ZEL, 1986.

BRANDÃO, C. R.; STRECK, D. R. (Org). **Pesquisa participante**: a partilha do saber. Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Versão homologada pelo CNE. Brasília: MEC, 2018. Disponível em [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf), acessado em 10 de setembro de 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional da Educação. Conselho Pleno. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. Resolução n. 2, de 15 de junho de 2012. **Lex: Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**, Brasília, p. 514-542, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **LDB - Lei nº 9394/96**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.

BREDEWEG, B.; FORBUS, K. Qualitative modelling in education. **AI Magazine**, n. 24, p. 35-46, 2003.

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.

BREDEWEG, B.; LIEM, J.; NICOLAOU, C. Assessing learner-constructed conceptual models and simulations of *Dynamic* systems. In: QUALITATIVE REASONING 29<sup>TH</sup> INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUALITATIVE REASONING, 29., Amsterdam. **Anais...New York**, 2016.

BREDEWEG, B.; LINNEBANK, F.; BOUWER, A.; LIEM, J. Garp3 - Workbench for qualitative modelling and simulation. **Ecological Informatics**, v. 4 (5-6), p. 263-281, 2009.

BREDEWEG, B; SALLES, P. Mediating conceptual knowledge using qualitative reasoning. In JORGENSEN, S. E; CHON, T.C. RECKNAGEL, F. **Handbook of Ecological Modelling and Informatics**, Southampton, UK: WIT Press, Chapter 19, 351-398, 2009.

BREDEWEG, B.; SALLES, P.; NEUMANN, M. Ecological Applications of Qualitative Reasoning. In: Recknagel, F. (ed.). **Ecological Informatics. Understanding Ecology by Biologically-Inspired Computational**, 2004.

CALLEGARI-JAQUES, S. M., **Bioestatística- Princípios e Aplicações**, Porto Alegre: Artmed, p.166-167,170-173,239, 2003.

CAMPELL, D.J. Task complexity: a review and analysis. **Academic Management Review**, v. 13, n. 1, p. 40-52, 1988.

CAULFIELD, C. W.; MAJ, S. P. **A case for systems thinking and system Dynamics**. Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Tucson, AZ, p. 2793-2798, 2001.

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.

COELHO, P. S.; ESTEVES, S. P. **The choice between a 5-point and a 10-point scale in the framework of customer satisfaction measurement**. Lisboa: ISEGI – Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação – New University of Lisbon, 2007.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 7th Edition. New York: Routledge, 2011.

COLLINGS, D.P. **Selecting a questionnaire response scale for student feedback surveys: a comparison of psychometric properties and student preferences among three alternatives**. Perth, Australia: Murdoch University, 2006.

COSTA, P. L.; SANCHEZ, E. A. M. Experimentação Investigativa e Ilustrativa: um estudo sobre a efetividade no ensino de Geociências. **Terrae Didática**, v. 12, n. 3, p. 220-230, 2016.

CROUSE, M; FORBUS, K. How Much Qualitative Reasoning is Required in Elementary School Science Test Questions?. In: QUALITATIVE REASONING 29<sup>TH</sup> INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUALITATIVE REASONING, 29., Amsterdam. **Anais...**New York, 2016.

DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?. **Revista Gestão Organizacional**, v. 6, n. especial, p. 161-174, 2014.

DUARTE, R. Entrevistas em Pesquisas Qualitativas. **Revista Educar**, n. 24, p. 213-225, 2004.

FAERMAM, L. A. A Pesquisa Participante: Suas Contribuições no Âmbito das Ciências Sociais. **Revista Ciências Humanas - Unitau**, v. 7, n.1, p.41-56, 2014.

FELCHER, C. D. O.; FERREIRA, A. L. A.; FOLMER, V. Da Pesquisa-Ação à Pesquisa Participante: discussões a partir de uma investigação desenvolvida no *Facebook*. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, N. 7, p. 1-18, 2017.

FELTRINI, G. M. **Aplicação de modelos qualitativos à educação científica de surdos**. 2009. 222 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 2009.

FERREIRA, P.; JUSTI, R. 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.



FORBUS, K. D.; DE KLEER, J. **Building Problem Solvers**. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1993. 702 pp.

FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**. Waltham, MA: Pegasus Communications, 1961. 464 pp.

FORRESTER, J. W. *Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers*. **Harvard Business Review**, 36, 37-66, 1958.

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 abr 2018.

FORRESTER, J. W. **System Dynamics and K-12 teachers**. A lecture at the University of Virginia School of Education, USA, May 30, 1996. Paper available for download at Disponível em: <<https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-988-system-Dynamics-self-study-fall-1998-spring-1999/readings/teachers.pdf>>. Acesso em: out. 2018.

FORRESTER, J. W. *The Beginning of System Dynamics*. International meeting of the System Dynamics Society: Proceedings of the System Dynamics Society; 1989, 13 July; Stuttgart, Germany; 1989.

FORRESTER, J. W. **Urban Dynamics**, Waltham, MA: Pegasus Communications, 1969. 285 pp.

FORRESTER, J. W. **World Dynamics**, (1 ed.). Waltham, MA: Pegasus Communications, 1971. 144 pp.

GATTI, B. E2A, B. A relevância dos métodos de pesquisa qualitativa em Educação no Brasil. In: WELLER, W. PFAFF, N. (Org.). **Metodologias da Pesquisa Qualitativa em Educação Teoria e Prática**. Petrópolis-RJ: Vozes, 2010, p. 29-38.

GATTI, B. Estudos quantitativos em Educação. **Revista Educação e Pesquisa**, v.30, n.1, p. 11-30, 2004.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GUIMARÃES, J. S; SOUZA, P. V. T.; NUNES, S. M. T. O uso das TICs no ensino de ciências da natureza. In: MACHADO, M. W. K. (org.). **Impactos das Tecnologias nas Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**. 1. ed. Ponta Grossa, PR: Atena, 2019. v. 4, p. 110-117.

HALPERN, D. F. Teaching Critical Thinking for Transfer Across Domains: Dispositions, Skills, Structure Training, and Metacognitive Monitoring. **American Psychologist**, v. 53, n. 4, p. 449-455, 1998.

JACOBSON, M. J.; WILENSKY, U. Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. **Journal of the Learning Sciences**, v. 15, n. 1, p. 11-34, 2006.

KOUTIVA, I.; MAKROPOULOS, C. Towards adaptive water resources management: simulating the complete socio-technical system through computational intelligence. International Conference on Environmental Science and Technology (ICEST): Proceedings of the 12th ICEST; 2011, 8-10 Sept.; Rhodes, Greece; 2011. p. A998-A-1006.

LE BOTERF, G. Pesquisa participante: Propostas e reflexões metodológicas. In: LEAL, R. B. Planejamento de ensino: peculiaridades significativas. **Revista Iberoamericana de Educación**.v.3, n. 37, p. 1-6, dez. 2005.

LEÃO, I. G. S. **O uso de modelos de Raciocínio Qualitativo para investigar a teoria e a dinâmica de metapopulações**. 2011. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 2011.

LEMKE, J. Letramento metamidiático: transformando significados e mídias. **Trabalhos em Linguística Aplicada**, v. 49, n. 2, p. 455-479, 2010.

LIEM, J. **Supporting Conceptual Modelling of Dynamic Systems: A Knowledge Engineering Perspective on Qualitative Reasoning**. 2013. 288 f. PhD Thesis (Computer science), University of Amsterdam, 2013.

LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, n. 140, p. 44-53, 1932.

LYNEIS, D. A. **Bringing system dynamics to a school near you: suggestions for Introducing and Sustaining System Dynamics in K-12 Education**. Acton, MA, 2013. Disponível em: <http://www.clexchange.org/gettingstarted/intropacket.asp>. Acesso em 29 abr 2018.

LYNEIS, D. A.; FOX-MELANSON, D. **The Challenges of Infusing System Dynamics into a K-8 Curriculum**. In International System Dynamics Society Conference. Acton, MA, 2001. Disponível em: <http://www.clexchange.org/gettingstarted/intropacket.asp>. Acesso em 29 abr 2018.

LYNEIS, D. Consider the Gypsy Moth: An Example of System Dynamics for Carlisle. **Creative Learning Exchange**, Acton, MA, p. 1-4, set. 1994. Disponível em: <http://static.clexchange.org/ftp/documents/implementation/IM1994-11ConsiderGypsyMoth.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MEINERZ, C. B. Grupos de Discussão: uma opção metodológica na pesquisa em educação. **Educação e Realidade**, v. 36, n. 2, p. 485-504, 2011.

MIGUEL, F. V. C. A entrevista como instrumento para investigação em pesquisas qualitativas no campo da linguística aplicada. **Revista Odisseia**, n. 5, p. 1-11, 2010.

MILLER, G. T. **Ciência Ambiental**. 11a ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011, 501 p.

MIODUSER, D. *et al.* **Final report on DynaLearn evaluation studies**. DynaLearn, EC FP7 STREP project 231526, Deliverable D7.4, 2012.

NICOLAU, M. C.; GONZÁLEZ-MONTEAGUDO, J. Formação e prática educativa de professores secundaristas de Lubango, em Angola. **Educação e Pesquisa**, v. 45, p. 1-19, 2019.

OASTER, T.R.F. Number of alternatives per choice point and stability of Likert-type scales. **Perceptual and Motor Skills**, v. 68, n. 2, p. 539–550, 1989.

OLIVEIRA, A. L.; OLIVEIRA, J. C. P.; NASSER, M. J. S.; CAVALCANTE, M. P. O Jogo Educativo como Recurso Interdisciplinar no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 2, p. 89-96, 2018.

OLIVEIRA, A. M. V.; SILVA, H. D. A.; BASTOS, R. N. S.; CAVALCANTE, C. C.; SILVA, R. R.; SILVA, F. R. F. Produção de material didático para o ensino de biologia: uma estratégia desenvolvida pelo Pibid/Biologia/FECLI. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 682-691, 2014.

ORSINI, R.N.; SANTOS, A.C.K. Descrição e resultados de uma proposta de educação ambiental baseada na dinâmica de sistemas e na disciplina Gestão pela qualidade total focada nos estudantes do Colégio Técnico Industrial da FURG- CTI/FURG. **Ambiente e Educação**, v.16, n. 1, p. 113-136, 2011.

PACHECO, J. **Escola da Ponte**: formação e transformação da Educação. 6. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014. 231 p.

PASQUALI, L. Instrumentos Psicológicos: manual prático de elaboração. Brasília/DF: LabPAM; IBAPP, 1999.

PASQUALI, L. Psicometria: Teoria dos Testes na Psicologia e na Educação. 5. ed. Petrópolis-RJ: Vozes, 2013.

POPPE, M. ; ZITEK, A. ; SALLES, P. ; BREDEWEG, Bert ; MUHAR, S. . How can we cope with the complexity of the environment? A "Learning by modelling" approach using qualitative reasoning for developing causal models and simulations with focus on Sustainable River Catchment Management. In: European Geosciences Union (EGU) General Assembly, 2010, Viena (Austria). Geophysical Research Abstracts. Viena (Austria): EGU, v. 12. p. 3160, 2010.

RAMOS, H. A. C. R. **Modelos qualitativos para investigar o ciclo de vida e a influência de atividades antrópicas sobre os biótopos de Pirá-Brasília - *Simpsonichtys boitonei* - em Brasília, DF**. 2010. 227 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília – DF. 2010.

RAMOS, M. C.; SALES, N. L. L.; MARTINS, S. Luz e vida: um diálogo com professores de Ciências. **Ensino em Re-Vista**, v. 26, n. 2, p. 481-503, 2019.

RESENDE, M. M. P. **Avaliação do uso de modelos qualitativos como instrumento didático no ensino de Ciências para estudantes surdos e ouvintes**. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Instituto de Química, Faculdade Planaltina, Universidade de Brasília, Brasília - DF. 2010.

RICHMOND, B. Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. **System Dynamics Review**, v. 9, n. 2, p. 113-133, 1993.

RIJO, P. M. **Orientações para Pré e Pós-teste**. Washington: I-TECH, 2008. 8 p. Disponível em: <https://docplayer.com.br/24207-Utilizacao-dos-pre-e-pos-testes-desenvolvimento-do-pre-e-pos-teste.html>. Acesso em: 12 set. 2019.

RYKIEL, E.J. Testing Ecological Models: the Meaning of Validation. **Ecological Modelling**, v. 90, p. 229-244, 1996.

ROJO, R. Materiais didáticos no ensino de línguas. In: LOPES, L. P. M. (Org.). **Linguística Aplicada na modernidade recente: Festschrift para Antonieta Celani**. São Paulo: Parábola, 2013. Cap. 8. p.163-195.

SALLES P., GAUCHE R., VIRMOND P.A Qualitative Model of Daniell Cell for Chemical Education. In: LESTER J.C., VICARI R.M., PARAGUAÇU F. (eds) **Intelligent Tutoring Systems, ITS 2004**. Lecture Notes in Computer Science, vol 3220, p. 870-872, Berlin – Heidelberg, Springer Verlag. 2004.

SALLES, P.; BREDEWEG, B. Modelling Population and Community *Dynamics* with Qualitative Reasoning. **Ecological Modelling**, v. 195, n.1-2, p. 114-128, 2006a.

SALLES, P.; BREDEWEG, B. Modelos conceituais baseados em Raciocínio Qualitativo. In: XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2006), 2006, Brasília. Anais do Workshop Informática e Aprendizagem em Organizações. Brasília DF: Sociedade Brasileira de Computação, v. 1, 2006b.

SALLES, P.; BREDEWEG, B.; NOBLE, R. ; ZITEK, A. ; SOUZA, A. B. . Qualitative Model Patterns: a Toolkit for Learning by Modelling. In: 26th International Workshop on Qualitative Reasoning, 2012, Playa Vista, CA, EUA. Proceedings of the 26th International Workshop on Qualitative Reasoning. Playa Vista, CA: University of Southern California Institute for Creative Technologies, v. 1, 2012a.

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, 2012b.

SALLES, P. *et. al.* **FUB evaluation of DynaLearn prototype**. *DynaLearn*, EC FP7 STREP project 231526, Deliverable D7.2.1., 2010.

SEDOVA, K.; SEDLACEK, M.; SVARICEK, R. Teacher professional development as a means of transforming student classroom talk. **Teaching and Teacher Education**, v. 57, p. 14-25, 2016.

SILVA, B.; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2015.

SILVA, G. B.; FELICETTI, V. L. Habilidades e competências na prática docente: perspectivas a partir de situações-problema. **Educação Por Escrito**, v. 5, n. 1, p. 17-29, 2014.

SILVA, J. E.; SILVA JÚNIOR, C. N.; OLIVEIRA, O. A.; CORDEIRO, D. O. Pistas Orgânicas: um jogo para o processo de ensino e aprendizagem da química. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 25-32, 2018.

SILVA, R. M. S.; AMAURO, N. Q.; SOUZA, P. V. T.; CASTRO, P. A. As aulas de ciências/química no ensino médio: (re)pensando a sua finalidade. **Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade**, v.10, n.3, p.186-197, 2017.

SILVESTRE, V. S.; MARTINS, R. M.; LOPES, J. P. G. Grupos de Discussão: uma possibilidade metodológica. **Ensaio Pedagógicos**, v. 2, n. 1, p.34-44, 2018.

SOUZA, A.; SA, I. G. ; SILVA, P. A. C. E. ; WILHELMS, L. H. ; SALLES, P. Using *DynaLearn* in learning by modelling approach to teach environmental systems knowledge for secondary school students. In: I Simpósio Internacional de Ecologia, 2011, São Carlos, SP. Anais do I SIE. São Carlos, p. 149-155, 2011.

SOUZA, P. V. T.; AMAURO, N.; FERNANDES-SOBRINHO, M. Modelizações Astronáuticas na Perspectiva da Educação CTS: Proposta de Atividade Integradora ao Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, v. 40, n.º 3, p. 186-195, 2018.

SOUZA, P. V. T.; SALLES, P. ; GAUCHE, R. . Elementos para a elaboração de uma estratégia didática para o ensino de Química, destinada ao aprendizado de surdos e ouvintes, baseada em Raciocínio Qualitativo. In: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, Florianópolis. **Anais... XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII Eneq)**. Florianópolis/SC, 2016.

SOUZA, P. V. T.; SALLES, P.; GAUCHE, R. Um modelo de simulação baseado em raciocínio qualitativo para a educação em ciências. **Revista Actio: docência em Ciências**, v. 2, n .1, p. 162-183, 2017.

STAVE, K. A. A System *Dynamics* model to facilitate public understanding of water management options in Las Vegas. **Journal of Environmental Management**, v. 67, n. 4, p. 303-313, 2003.

SYED, S. M.; PANG, J. S.; SHARIFUDDIN, Z. Application of Qualitative Process Theory to Qualitative Simulation and Analysis of Inorganic Chemical Reaction. In: Sixteenth International Workshop on Qualitative Reasoning, 10–12 June, Barcelona, Spain, 2002.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2011.

TIEDEMANN, P. W. Conteúdos de Química em Livros Didáticos de Ciências. **Ciência & Educação**. v. 5, n. 2, p.15-22, 1998.

WELLER, W. Grupos de discussão na pesquisa com adolescentes e jovens: aportes teórico-metodológicos e análise de uma experiência com o método. **Educação e Pesquisa**, v.32, n.2, p. 241-260, 2006.

WELLER, W.; PLAFF, N. **Metodologias da pesquisa qualitativa em Educação: teoria e prática**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2010.

**APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE**

Caro responsável, sua(seu) filha(o) está sendo convidada(o) a participar, como voluntária(o), de uma pesquisa intitulada “Modelos de simulação qualitativos como materiais didáticos para o Ensino de Ciências”, no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, nível de Doutorado, da Universidade de Brasília (UnB). A sua contribuição é relevante para avaliarmos o uso de modelos qualitativos de simulação como estratégia para a elaboração de recursos didáticos contextualizados no Ensino de Ciências. É importante frisar que a participação será protegida por total anonimato, quando do registro na futura Tese de Doutorado, em todas as suas etapas e em divulgações futuras, por qualquer meio.

Para formalizar sua aprovação em sua(seu) filha(o) fazer parte dessa investigação, o que nos deixará honrados, por favor, assine, ao final deste documento, que terá duas vias. Uma delas ficará em seu poder e a outra com o pesquisador responsável.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

**Título:** Modelos de simulação qualitativos como materiais didáticos para o Ensino de Ciências

Pesquisador-responsável:

**Prof. Paulo Vitor Teodoro de Souza**

Contato: [paulovitorteodoro@yahoo.com.br](mailto:paulovitorteodoro@yahoo.com.br)

Orientadores:

**Prof. Paulo Salles – IB/PPGEduC/UnB** ([pssalles@gmail.com](mailto:pssalles@gmail.com))

**Prof. Ricardo Gauche – IQ/PPGEduC/UnB** ([ricardogauche@gmail.com](mailto:ricardogauche@gmail.com))

Nosso trabalho visa contribuir para o desenvolvimento de estratégias de ensino-aprendizagem baseada na modelagem qualitativa, na perspectiva de compreensão da estrutura e funcionamento de sistemas complexos pelos estudantes. Assim, serão coletadas informações relevantes para a investigação, com a utilização de registros das atividades e gravação de encontros, para análises posteriores, e ficará desde já garantido o anonimato dos participantes.

---

### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO

Eu, \_\_\_\_\_,  
portador do RG \_\_\_\_\_ e do CPF \_\_\_\_\_,  
abaixo-assinado, autorizo a participação de minha(meu) filha(o),  
\_\_\_\_\_, na pesquisa acima mencionada. Fui  
devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador responsável, Prof. Paulo Vitor  
Teodoro de Souza, sobre a investigação, bem como sobre os procedimentos a serem  
seguidos, ressaltando-se a garantia plena do anonimato em todos os registros atinentes e  
em toda a produção acadêmica resultante.

Brasília - DF, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

---

Pesquisa desenvolvida no âmbito do  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM Educação EM CIÊNCIAS**  
**Doutorado EM Educação EM CIÊNCIAS**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação  
Instituto de Ciências Biológicas  
Instituto de Física  
Instituto de Química  
Faculdade UnB Planaltina



**APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO 1 (PERFIL DOS ESTUDANTES)**

**Objetivo:** conhecer o perfil dos estudantes, participantes no Projeto de Pesquisa de Modelagem Qualitativa.

**Nome:**

---

**1. Indique seu sexo**

- a)  Masculino  
b)  Feminino

**2. Qual é a sua idade?**

---

**3. Em que tipo de escola você estudou no Ensino Fundamental II (6.º ao 9.º ano):**

- (A) Escola pública  
(B) Escola Privada  
(C) Escola pública e privada  
(D) Supletivo/EJA  
(G) Não sei

**4. Você possui dependências ou recuperações em bimestres ou períodos anteriores?**

- ( ) Sim      ( ) Não

**Se sim, em quais disciplinas?**

---

---

**5. Como você avalia seu conhecimento em informática?**

- a)  Ruim  
b)  Regular  
c)  Bom  
d)  Ótimo

**6. Você usa o computador no seu dia a dia?**

- a)  Sim  
b)  Não

**7. Se você usa o computador no dia a dia, como classifica este uso?**

- a)  uso bastante  
b)  mais ou menos  
c)  uso pouco

**8. Você tem acesso fácil a um computador quando precisa?**

- a)  Sim  
b)  Não

**9. Onde você utiliza computador?**

- a)  Perto de casa
- b)  Em casa
- c)  Longe de casa
- d)  Na escola/trabalho

**10. Você usa a Internet?**

- a)  Sim
- b)  Não

**11. Se você usa a internet, de onde é o acesso?**

- a)  De casa
- b)  Da Escola/Trabalho
- c)  De locais públicos

**12. Com que frequência você utiliza a internet?**

- a)  Diariamente
- b)  Duas vezes por semana
- c)  Mais que duas vezes por semana

**13. Em média, qual a duração de seus acessos?**

- a)  Até 30 minutos
- b)  Até 1 hora
- c)  Mais de 1 hora

**14. Você já participou de fóruns, aulas ou debates na WEB?**

- a)  Sim
- b)  Não

Qual(is) plataforma(s) você já utilizou?

---

---

**15. Você tem e-mail?**

- a)  Sim
- b)  Não

Qual é o seu e-mail?

---

## APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO 2 (AVALIAÇÃO DO FINAL)

**Nome:** \_\_\_\_\_ **Turma:** \_\_\_\_\_

### Seção 1

Aponte o grau de dificuldade que VOCÊ encontrou para entender cada um dos seguintes elementos utilizados nos modelos qualitativos construídos durante o curso.

ELEMENTOS DO MODELO	GRAU DE DIFICULDADE				
	Muito difícil	Difícil	Médio	Fácil	Muito fácil
Entidades					
Configurações					
Quantidades (variáveis)					
Influências (+ e -)					
Valores qualitativos					
Espaço quantitativo de derivada					
Espaço quantitativo de magnitude					
Cenário					
Expressão de modelo					
Simulações					
Ambiguidade					
Estado					
Grafo de estados					
Trajectoria					
Comportamento					
Diagrama da História de Valores					
Processos					
Taxas					
Influência direta (I+ e I-)					
Variável de Estado					
Proporcionalidade qualitativa (P+ e P-)					
Correspondências					
DynaLearn físico					
DynaLearn na versão web					
Agentes					
Desigualdades					
Variáveis exógenas					
Retroalimentação balanceadora					
Retroalimentação reforçadora					

### Seção 2

<b>Avalie as afirmações abaixo e assinale a opção que demonstra o nível concordância com a sua opinião</b>	Concordo totalmente	Concordo	Neutro	Discordo	Discordo totalmente
1) Modelagem conceitual foi uma abordagem totalmente nova para o meu aprendizado					

2) A modelagem me fez pensar sobre os sistemas de uma forma diferente					
3) A modelagem me deu uma nova visão sobre os fenômenos e processos do ciclo da água					
4) Ser capaz de simular os modelos me ajudou a desenvolver minha compreensão do comportamento dos sistemas					
5) Modelagem foi uma tarefa motivadora					
6) A construção de modelos qualitativos me fez pensar mais claramente sobre as causas e efeitos das mudanças em sistemas ambientais					
7) O processo de modelagem me motivou a aprender mais sobre os fenômenos de mudanças no ciclo da água					
8) A modelagem qualitativa pouco contribuiu para o meu entendimento de como se comporta um sistema					
9) Eu posso justificar as razões pelas quais modelos qualitativos podem me ajudar a aprender outros assuntos					
10) Trabalhar nas tarefas de modelagem me ajudou a formular respostas por escrito sobre os assuntos estudados					
11) Eu entendi claramente o objetivo das tarefas de modelagem					
12) As simulações tornam mais difíceis o reconhecimento das relações de causa e efeito que operam no sistema					

### Seção 3

<b>Avalie as afirmações abaixo e assinale a opção que demonstra a sua opinião sobre o nível de dificuldade</b>	Muito fácil	Fácil	Neutro	Difícil	Muito difícil
13) Em geral eu achei a modelagem conceitual qualitativa					
14) Identificar e extrair as informações relevantes e essenciais dos textos para construir um modelo foi					
15) Considero a tarefa de construir mapas conceituais					
16) Posso classificar as diferenças entre entidades e quantidades na construção de um modelo como					
17) Descrever a estrutura do sistema em um modelo causal básico (LS2) foi					
18) Construir um modelo causal com grafo de estados (LS3) é					
19) Representar um sistema em um modelo com diferenciação causal (LS4) foi					
20) Considero que trabalhar com simulações é					
21) Posso classificar as diferenças entre influências diretas e proporcionalidades como					
22) Compreender a forma como os espaços quantitativos descrevem as variáveis qualitativamente foi					
23) Compreender as razões que levam certas quantidades a ter o comportamento ambíguo durante as simulações foi					
24) Em geral construir modelos no <i>DynaLearn</i> é					

**Seção 4**

Responda as seguintes perguntas:

1- Comente as dificuldades que você encontrou para construir modelos em LS2 e em LS3.

---

---

---

---

2- O que você entende por Influência direta?

---

---

---

---

3- Quais são as diferenças entre Taxa e Estoque?

---

---

---

---

4- O que é retroalimentação?

---

---

---

---

5- Comente a sua experiência ao trabalhar com cada uma das duas versões de *DynaLearn* (física e web).

---

---

---

---

**Seção 5: Comentários finais** – Escreva aqui outros pontos não mencionados nesta avaliação que você queira destacar.

---

---

---

---

---

---

OBRIGADO POR PARTICIPAR DO NOSSO CURSO!!!

## APÊNDICE D – ROTEIRO DAS ENTREVISTAS

No curso de modelagem já estudamos cinco unidades: a) apresentação da modelagem qualitativa e introdução ao *DynaLearn*; b) Sistemas e Mapas conceituais; c) Modelagem qualitativa em LS2; d) Modelagem qualitativa em LS3; e) Modelagem qualitativa em LS4. Além dos temas específicos de modelagem, estudamos também conceitos científicos relacionados a temas de Ciências Naturais, por exemplo, desequilíbrio ecológico, poluição nos rios, estados físicos da água, efeitos da temperatura na agregação das moléculas e Dinâmica de População. Em relação ao curso realizado, até o momento, segue algumas questões, as quais serão feitas por meio de entrevista semiestruturada, para que possamos avaliar o nosso curso.

- 1- Sobre o curso de modelagem qualitativa, o que você mais gostou, até o momento?
- 2- O que você não gostou no curso de modelagem? Por quê?
- 3- Qual a sua opinião de modelos feitos em LS1?
- 4- Quais diferenças você observou entre modelos feitos em LS1 e LS2?
- 5- Você notou diferença significativa entre o LS2 e o LS3? E entre o LS3 e o LS4?
- 6- Qual a sua opinião sobre modelos feitos em LS4?
- 7- Em qual nível de complexidade de *DynaLearn* [LS1, LS2, LS3, LS4] é possível representar o conhecimento de forma mais realista? Por quê?
- 8- Qual(is) conceito(s) que você achou mais difícil no curso de modelagem?
- 9- No LS4 utilizamos os Is e os Ps. qual desses dois conceitos você achou mais difícil? Por quê?
- 10- Tivemos atividades de modelagem no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil? Por quê?
- 11- Se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto? Em uma nova edição, você gostaria de participar?
- 12- No seu dia a dia, você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo, após o curso de modelagem? Você consegue reconhecer processos no mundo real?
- 13- Você consegue reconhecer processos nos diferentes conteúdos trabalhados na escola?

**APÊNDICE E – TÓPICO-GUIA DOS GRUPOS DE DISCUSSÃO**

<b>Bloco temático</b>	<b>Pergunta</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Pergunta inicial</b>	Vocês poderiam falar um pouco sobre o nosso curso?	Promover um debate interativo. Identificar o que os estudantes gostaram ou não no curso de modelagem.
<b>Os níveis de aprendizagem de <i>DynaLearn</i></b>	Como foi a experiência de vocês ao modelarem no LS1, LS2, LS3 e LS4?	Investigar as opiniões dos estudantes sobre os quatro níveis de complexidade trabalhados em <i>DynaLearn</i> (LS1, LS2, LS3 e LS4). Identificar se os estudantes reconhecem a diferença entre os diferentes níveis de complexidade de <i>DynaLearn</i> .
<b>Conceitos de Modelagem</b>	Como foi a sua experiência ao representar fenômenos do mundo real utilizando entidades, quantidades, taxas, estoque, influências e outros elementos da linguagem de modelagem?	Captar informações sobre as principais dificuldades de fazer a transposição de fenômenos/fatos do mundo real para modelos qualitativos.
<b><i>DynaLearn</i> físico e <i>Dyna web</i></b>	Vocês poderiam falar um pouco sobre a construção e simulação de modelos no <i>DynaLearn</i> físico e no <i>Dyna web</i> ?	Analisar as vantagens e desvantagens nas duas versões disponíveis de <i>DynaLearn</i> .
<b><i>DynaLearn</i> como instrumento de Aprendizagem</b>	O que você pensa sobre usar o <i>DynaLearn</i> nas disciplinas escolares?	Verificar em quais situações os estudantes gostariam de utilizar o <i>DynaLearn</i> na escola.
<b>Pensamento sistêmico – Tema: Ciclo da água</b>	Fale um pouco sobre o ciclo da água como um sistema dinâmico, no qual os objetos interagem entre si e mecanismos de retroalimentação atuam no sistema.	Investigar se os estudantes desenvolveram o pensamento sistêmico durante o curso.
<b>Outros</b>	Não tenho mais perguntas. Vocês gostariam de falar sobre algum assunto que ainda não conversamos?	Incentivar a discussão sobre outros temas para o grupo.

## APÊNDICE F – TRANSCRIÇÕES DAS ENTREVISTAS

### TURMA A

#### Entrevista com o estudante E3A

**Prof.:** então vamos, qual é o seu nome?

**E3A:** E3A Borges

**Prof.:** E3A, sobre o curso de modelagem qualitativa, o que você mais gostou até o momento?

**E3A:** eu gostei mais, principalmente da parte do LS4 porque é assim, uma coisa bem real que a gente consegue enxergar situações e processos através de uma máquina.

**Prof.:** muito bom, ótimo. E3A e o que você não gostou no curso de modelagem?

**E3A:** nada.

**Prof.:** nada? Não teve nada que você não gostou?

**E3A:** nada, eu gostei de tudo. É interessante, eu gostei muito.

**Prof.:** Então você não tem nenhum ponto para falar que não te agradou?

**E3A:** não.

**Prof.:** então tá bom. Qual é a sua opinião de modelos feitos em LS1?

**E3A:** LS1 é um modelo básico, porque a gente faz mapas conceituais. Mas a partir dele a gente tem um entendimento muito grande. Ele é essencial.

**Prof.:** muito bem. Quais são as diferenças que você observou entre modelos feitos em LS1 e LS2?

**E3A:** LS1 é um mapa conceitual, então nele a gente organiza as ideias. No LS2 a gente acrescenta as quantidades, é isso?

**Prof.:** muito bem, acrescenta quantidades, só isso?

**E3A:** Não. A gente também consegue fazer simulações que a gente não conseguia fazer no LS1.

**Prof.:** muito bem, tem simulações.

**E3A:** a cada etapa do curso, a gente aproxima mais da realidade.

**Prof.:** muito bem. Você consegue lembrar de mais alguma coisa do LS2? Além das quantidades, tem mais alguma coisa?

**E3A:** tem os influenciadores e os influenciados.

**Prof.:** muito bem, tem as relações de causalidades.

**E3A:** isso.

**Prof.:** muito bem. E você notou diferença significativa entre o LS2 e o LS3?

**E3A:** sim, principalmente por conta da magnitude.

**Prof.:** ahhhhh, no LS3 então...

**E3A:** acrescenta magnitude de novo, e aí começa a ficar mais real do que antes.

**Prof.:** muito bem. E entre o LS3 e o LS4? Você notou alguma diferença?

**E3A:** sim, muita diferença, porque assim, é no LS4 que a gente mostra as coisas que acontece na realidade. Então isso é muito legal.

**Prof.:** ah, como assim?

**E3A:** a realidade aumenta e eu gostei de fazer modelos mais no LS4.

**Prof.:** e em relação a complexidade?

**E3A:** no início é difícil, mas depois eu fui acostumando. É assim, se você conseguir prestar atenção na aula e focar, você consegue fazer os modelos tranquilo.

**Prof.:** E de forma geral, qual é a sua opinião sobre modelos feitos em LS4?

**E3A:** eu gosto, particularmente, eu gostei de fazer. Eu gostei de aprender, estou gostando de fazer modelos nesse LS.

**Prof.:** aham..

**E3A:** é bem real. Eu gosto de analisar as situações que acontece na vida real e a gente pode passar essas informações para uma máquina.

**Prof.:** uma outra coisa: por que no LS4 é possível representar o conhecimento de forma mais realista?

**E3A:** Porque a gente representa processos.



**Prof.:** e o que é um processo?

**E3A:** eu lembro, mas não consigo definir.

**Prof.:** ahhh...

**E3A:** não lembro muito bem.

**Prof.:** não, não tem problema não. Processos por exemplo, são aquelas situações que iniciam a causa, as mudanças em determinados sistemas, certo?

**E3A:** uhummm.

**Prof.:** muito bem, e como se representa os processos?

**E3A:** pelos Is, positivo e negativo.

**Prof.:** muito bem. Então o que inicia as mudanças no sistema?

**E3A:** os Is.

**Prof.:** e o que que propaga essas mudanças?

**E3A:** os Ps.

**Prof.:** Agora no LS4, falando dos Is e dos Ps, qual desses conceitos você achou mais difícil e por quê?

**E3A:** acho que o I, porque ele representa taxas, que tem a ver com matemática, ligado a unidades de medidas. Agora o P é como se fosse o mais e o menos do LS2. E o I é um conceito mais complicado.

**Prof.:** Hum, o que significa o I+ e o que significa o I-?

**E3A:** o I+ é quando uma quantidade vai aumentar, o processo vai mudar de acordo com o que você colocou primeiro, então o I+ você coloca primeiro para mudar o restante do processo.

**Prof.:** ahh certo, e o que acontece quando utilizamos o I+?

**E3A:** aumenta valores no estoque.

**Prof.:** muito bem, e o I-?

**E3A:** o I-, ele retira os valores.

**Prof.:** muito bem. Ótimo. Nós tivemos atividades de modelagem no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*, qual das duas versões você achou mais fácil?

**E3A:** o *Dyna web* é mais fácil, porque já dá tudo pronto, no *DynaLearn* físico, a gente tem que fazer mais manualmente, mas dá para usar os dois tranquilamente.

**Prof.:** Certo. Qual conceito você achou mais difícil no curso de modelagem?

**E3A:** não teve nenhum difícil. Assim, dá para aprender se você prestar bastante atenção nas aulas. O conceito dos Is e retroalimentação precisa de mais atenção para a gente aprender.

**Prof.:** entendi, certo. Outra questão: se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorar o projeto?

**E3A:** não, assim está bom.

**Prof.:** em torno de quarenta aulas você acha que é bom?

**E3A:** sim, é bom. A carga horária ficou boa. Para a gente que tem aula a tarde é tranquilo.

**Prof.:** que bom. E outra questão, uma nova edição se a gente fosse aprimorar um pouco mais, avançar na modelagem, você gostaria de participar, ou não? O que você acha?

**E3A:** sim, é um curso bem interessante.

**Prof.:** então tá bom. E no seu dia a dia você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo após o curso de modelagem?

**E3A:** sim, vejo que melhorei minha visão sistêmica, pois tem várias formas de você pensar.

**Prof.:** muito bem. E você consegue reconhecer processos hoje?

**E3A:** sim, por exemplo, a chuva, que é precipitação. A natalidade em uma cidade. Dá para fazer ligações em vários pontos.

**Prof.:** muito bem: você consegue reconhecer processos nos conteúdos trabalhados na escola?

**E3A:** sim, por exemplo, as matérias que de química, de biologia, geografia, até matemática.

**Prof.:** por exemplo? Fala um processo de algum conteúdo.

**E3A:** a gente pode ter os exemplos dos processos da água, como as chuvas, evaporação, precipitação..

**Prof.:** hummm, muito bom. Certo. E3A muito obrigado, excelente.

### Entrevista com o estudante E5A

**Prof.:** Boa tarde, qual que é seu nome?

**E5A:** E5A.

**Prof.:** E5A, de qual turma você é?

**E5A:** Primeiro ano de informática.

**Prof.:** Muito bem. Sobre o curso e modelagem qualitativa, o que você mais gostou até o momento?

**E5A:** Até o momento eu gostei principalmente das simulações feitas no *DynaLearn*. A gente consegue prever vários acontecimentos usando o software.

**Prof.:** Muito bom. E o que você não gostou no curso de modelagem?

**E5A:** O que eu não gostei?

**Prof.:** Isso, e por quê que você não gostou.

**E5A:** essa é difícil. Não tenho nada para falar de alguma coisa que não gostei.

**Prof.:** Muito bem, então tá bom. E quais são as diferenças que você percebeu entre o LS1 e o LS2?

**E5A:** Bom, no LS2 a gente tem as quantidades e as relações causais de influência. No LS2 a gente tem também simulações, enquanto que no LS1 a gente só tem os mapas conceituais.

**Prof.:** Certo. E você notou diferença significativa entre LS2 e LS3?

**E5A:** sim, no LS3 a gente tem as magnitudes e isso gera pra gente grafos. E nesses grafos a gente consegue simular os estados naquelas situações. Então no LS2 a gente não tem isso, é bem mais simples. A gente só tem um estado.

**Prof.:** E você notou diferença significativa entre o LS3 e o LS4?

**E5A:** Sim, no LS4 a gente tem as taxas. Então a gente tem mais detalhes até porque a gente representa os processos.

**Prof.:** Muito bem. E qual que é a sua opinião dos modelos feitos em LS4?

**E5A:** Os modelos feitos em LS4 são bem mais detalhados, mais completos. A gente consegue ter um aperfeiçoamento de previsões. Então enquanto que nos modelos anteriores eram bem mais abstratos pra gente pegar bem esse ritmo, no LS4 a gente já consegue fazer modelos que são detalhados e que preveem acontecimentos em determinados estados.

**Prof.:** Muito bom. Em qual nível de complexidade de *DynaLearn* LS1, 2,3 u LS4 é possível representar o conhecimento de forma mais realista? E por quê?

**E5A:** Em LS4, porque nele a gente tem os processos que acontecem na natureza e além disso a gente tem a retroalimentação. Nos outros LS, tipo, LS1, LS2 e LS3 é mais abstrato.

**Prof.:** Certo. Qual ou quais conceitos que você achou mais difíceis no curso de modelagem?

**E5A:** Mais difícil pra mim foi entender mesmo essa ideia de taxa e variável de estado. Mas depois eu peguei, porque na verdade a taxa tem que ter o tempo sendo relacionado, já a variável de estado não.

**Prof.:** Certo, ótimo. E no LS4 utilizamos os I's e os P's, qual desses dois conceitos você achou mais difícil?

**E5A:**? Eu achei mais o I mais difícil.

**Prof.:** O I. Por quê?

**E5A:** Porque ele tem uma dinâmica que eu não tinha visto antes. Então ele adiciona né, ou então retira, e ele detalha esses momentos relacionado ao tempo, o que eu nunca tinha visto antes.

**Prof.:** certo. Agora sobre o *DynaLearn*. Tivemos atividade de modelagem no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*, qual das duas versões você achou mais fácil e por quê?

**E5A:** Mais fácil eu achei o *Dyna web*, porque além de eu não poder ter o *Dyna learn* em casa, porque minha máquina acaba não sendo muito boa, eu ainda consigo acessar ele de diferentes lugares. Então eu acho isso um ponto considerável.

**Prof.:** Entendi. Se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E5A:** Melhorar o projeto?

**Prof.:** É.

**E5A:** Eu acho que com o tempo o software do *DynaLearn* físico precisa ser aperfeiçoado, como está o *Dyna web*. Sem tantos comandos, sem ficar travando e fechando a tela, porque a gente acaba perdendo os modelos. Mas mesmo assim, o software ele tem muito futuro, ele consegue ter essa interação com as outras matérias então acho perfeito pra usar em ensino médio. E não só no ensino médio, acho que em todo ensino básico também.

**Prof.:** Entendi. E5A, em numa nova edição, se fossemos propor um avanço na modelagem, você gostaria de participar?

**E5A:** Sim.

**Prof.:** Certo. Mesmo considerando a grande carga de disciplinas que vocês têm mas gostaria né?

**E5A:** o *DynaLearn* acrescenta nas outras disciplinas então acho que ele não seria uma carga a mais.

**Prof.:** Ótimo. No seu dia-a-dia você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo após o curso de modelagem?

**E5A:** Sim, eu consigo identificar muito mais coisas no mundo, por exemplo, esses conceitos que a gente aprende de processos, eu consigo observar eles na natureza. E eu até chego a pensar se eu usasse isso no *DynaLearn*, eu poderia prever acontecimentos que eu não conseguiria sozinho.

**Prof.:** E E5A, você poderia me citar um processos no mundo real?

**E5A:** No mundo real, sim.

**Prof.:** Por exemplo.

**E5A:** Por exemplo a vazão de água no rio é um processo.

**Prof.:** E poderia me citar outro processo o mundo real?

**E5A:** O processo de derretimento das geleiras, o processos de precipitação, o processo de emissão de gases poluentes. São vários.

**Prof.:** Ótimo. E você consegue reconhecer processos nos diferentes componentes curriculares trabalhados na escola? Em geografia, química, biologia por exemplo.

**E5A:** Sim, assim como eu falei. Por exemplo, na química a gente tem os processos de transformação da água, o próprio ciclo da água. Na biologia tem a evolução, poluição ambiental. Na geografia a gente tem também processos, por exemplo com a taxa de natalidade e mortalidade, erosão, desmatamento.

**Prof.:** Certinho E5A. Muito obrigado!

**E5A:** Obrigado.

### Entrevista com o estudante E6A

**Prof.:** E6A, você é de qual turma?

**E6A:** Primeiro de informática.

**Prof.:** Muito bem. E6A, sobre o curso de modelagem qualitativa, o que você mais gostou até o momento?

**E6A:** A possibilidades da gente poder resolver problemas simples e problemas mais complexos. No início a gente começou vendo problemas simples mas ao longo do tempo a gente foi vendo coisas mais complexas, como a falta de água devido a vários processos envolvidos, e não apenas a falta de chuva. Isso pode ajudar no futuro em muitos problemas sem precisar fazer cálculos, apenas analisando o comportamento das coisas. Isso no futuro pode ser usado até em grandes empresas e no mundo todo como uma forma de solucionar problemas.

**Prof.:** Isso, muito bem. O que você não gostou no curso de modelagem?

**E6A:** Nada que me recorde.

**Prof.:** É? Então tá bom. E quais diferenças que você observou entre o LS1 e LS2?

**E6A:** Já no LS1 eu já tinha despertado interesse mas no LS1 era uma coisa muito simples.

**Prof.:** E você lembra o que você fazia no LS1?

**E6A:** Mapas conceituais.

**Prof.:** Isso, no LS1 a gente fazia mapas, né? E no LS2, qual que é a diferença?

**E6A:** Já no LS2 a gente já colocou quantidades, as influências positivas e negativas, configurações, essas coisas assim. E ao longo dos níveis a gente ia aumentando a dificuldade, até chegar no LS4, onde a gente vê processos, que fica bem mais complexo. Então, a gente já consegue resolver problemas maiores e com mais detalhes, mais realísticos.

**Prof.:** Interessante. Então você já respondeu até algumas questões que eu iria te fazer. Qual ou quais conceitos que você achou mais difícil no curso de modelagem?

**E6A:** Eu estava tendo um pouco de dificuldade em diferenciar as influências Is e Ps, mas acho que isso já resolveu.

**Prof.:** Certo. E não teve mais dificuldade?

**E6A:** Sim, tive, muita, principalmente na retroalimentação.

**Prof.:** Então tá bom. Muito bem. No LS4 utilizamos os Is e os Ps, qual desses dois conceitos você achou mais difícil?

**E6A:** Eu não achei eles difíceis, mas no começo eu demorei para aprender mais sobre os Is, porque eu estava confundindo os Is e Ps.

**Prof.:** Então tá bom. Agora sobre o *DynaLearn*. Tivemos atividade de modelagem no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil e por quê?

**E6A:** Eu gostei mais do *Dyna web* porque tipo, no físico quando a gente coloca simulação a gente não consegue ver como está o modelo, o grafo e aquele diagrama dos valores, como que é direitinho. Mas no web a gente vê tudo direitinho, o modelo funcionando com o grafo e a história dos valores.

**Prof.:** Como assim, o modelo funcionando?

**E6A:** Ah, é na verdade o cenário. Quando a gente roda a simulação, consegue ver várias trajetórias juntas e quando troca a trajetória, muda também os resultados no diagrama de valores. Isso é muito bom no *Dyna web*.

**Prof.:** Entendi, ótimo. Tem alguma outra coisa que você gostaria de mensurar em relação ao *Dyna* físico e ao *Dyna web* ou não? Alguma vantagem ou desvantagem em relação a um ou outro?

**E6A:** Uma desvantagem do *Dyna web* é que por exemplo se eu coloco a influência positiva, mas na verdade deveria ter colocado negativa, aí eu tenho que ir lá e apagar a influência e colocar outra. No *DynaLearn* físico pode apenas trocar o tipo de influência. Mas isso também não é uma coisa muito difícil, é só isso de desvantagem que vejo.

**Prof.:** Entendi. Perfeito. Se fossemos propor uma nova edição do curso de modelagem você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E6A:** Tipo, fazer conversas no skype com as pessoas de fora. Como é um projeto de pessoas de fora a gente podia conhecer eles mesmo pelo o skype.

**Prof.:** Ah legal. Então tá bom.

**E6A:** É não sei se poderia trazer para a sala de aula as pessoas que fundaram o programa de outro país porque acho que seria muita injustiça porque por exemplo eu sei falar inglês, minha primeira língua. Já outras pessoas não sabem nem o básico mas eu acho interessante para aquele grupinho de pessoas que querem conversar ou que pelo menos vê como foi fundado todo esse negócio, onde surgiu a ideia, seria interessante.

**Prof.:** Muito bom. Ótimo. Se fossemos avançar um pouco mais na modelagem, e propor uma nova edição, você gostaria de participar?

**E6A:** Com certeza.

**Prof.:** Maravilha. E6A, e no seu dia-a-dia, você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo após o curso de modelagem?

**E6A:** Olha uma coisa que eu percebi que mesmo se essas ações que estamos propondo eu não for resolver elas no futuro, eu posso resolvê-los usando modelagem. Por exemplo, eu quero representar alguma coisa através da modelagem para resolver o problema, a modelagem ajuda nessas coisas. Não é uma coisa que a gente aprende imediatamente, mas com a prática vai fazendo diferença.

**Prof.:** Certo. E6A, você consegue reconhecer processos no mundo real?

**E6A:** Consigo.

**Prof.:** Por exemplo. Citaria dois processos que você lembraria do mundo real?

**E6A:** Sim, por exemplo, a poluição do ar, a emissão de gases. Isso são processos.

**Prof.:** Uhum, tá bom. E você consegue processos nos diferentes conteúdos trabalhados aqui na escola? em algum conteúdo por exemplo na biologia algum processo, na química alguns processos, ou na geografia... você conseguiria?

**E6A:** Consigo.

**Prof.:** Por exemplo. Você conseguiria citar para mim dois exemplos de processos que trabalham nos conteúdos escolares e que também por exemplo trabalhamos aqui dentro de sala?

**E6A:** Você está falando tipo em aula ou tipo na sala de aula, a matéria ou a sala de aula?

**E6A:** sim, por exemplo, o ciclo da água e as transformações. Isso tudo é conteúdo da Química. A transpiração é um conteúdo de Biologia né? A população, tipo natalidade e taxa de mortalidade é da geografia.

**Prof.:** Isso...

**E6A:** E tem também a precipitação, infiltração. Isso tudo a gente trabalhou né?

**Prof.:** Isso, sim, trabalhamos mesmo.

**E6A:** É, e na verdade a gente viu muitos outros, desmatamento, poluição, erosão, florestamento.

**Prof.:** Certinho. Então E6A, muito obrigado pela entrevista.

### Entrevista com o estudante E11A

**Prof.:** E11A, de qual turma você é?

**E11A:** Primeiro de informática.

**Prof.:** E11A, sobre o curso de modelagem, o que você mais gostou até o momento?

**E11A:** O que eu mais gostei até o momento? Ah principalmente de conseguir identificar aquilo que é mais relevante na realidade e no mundo para representar em um modelo.

**Prof.:** Muito bem. E o que você não gostou no curso de modelagem?

**E11A:** O que eu não gostei?

**Prof.:** É...

**E11A:** Ah por enquanto acho que nada.

**Prof.:** Nada? Até agora está tudo tranquilo né?

**E11A:** Sim

**Prof.:** Então tá bom. Qual é a sua opinião sobre os modelos que a gente fez em LS1?

**E11A:** LS1?

**Prof.:** É.

**E11A:** Ah pra mim, é simples.

**Prof.:** E o que a gente fez lá no LS1?

**E11A:** A gente fez somente mapas conceituais.

**Prof.:** E qual diferença que você notou do LS1 para o LS2?

**E11A:** Para o LS2, que foi evoluindo mais.

**Prof.:** Foi evoluindo mais. E o que você tem no LS2 que você não tinha no LS1?

**E11A:** As influências.

**Prof.:** As influências. E que mais?

**E11A:** As influências, as configurações, as quantidades e as entidades também.

**Prof.:** Tem mais alguma coisa?

**E11A:** No LS2 a gente também já fazia simulação, porque tinha as relações de causa para uma quantidade e efeito para outra.

**Prof.:** E você notou diferença significativa entre o LS2 e o LS3?

**E11A:** Notei, mas não muita diferença.

**Prof.:** Entendi. E o que acrescentou no LS3 que não tinha no LS2?

**E11A:** Acho que foram as magnitudes, que aí as magnitudes geram diferentes estados. É isso porque gera o grafo e através do grafo a gente escolhe a trajetória para ver os valores.

**Prof.:** E do LS3 para o LS4, você viu alguma diferença...?

**E11A:** É já mudou muito. No LS4 já entrou o I e o P. O I representa as taxas do modelo.

**Prof.:** Ah, muito bem. Qual é a sua opinião dos modelos feitos em LS4?

**E11A:** Que dá pra você, tipo modelar as situações que dá para explicar o que está acontecendo.

**Prof.:** Ah muito bem. Então digamos, entre o LS1, LS2, LS3, LS4 qual que é possível representar o conhecimento de forma mais realista?

**E11A:** o LS4.

**Prof.:** E por quê que é mais realista no LS4?

**E11A:** Porque ai a gente pode mostrar os processos.

**Prof.:** E teria alguma outra coisa que você representa ali no LS4 que se torna mais real o modelo?

**E11A:** Tem, a retroalimentação. Porque através da retroalimentação, dá pra você prever as várias possibilidades que tem no modelo.

**Prof.:** Muito bem. E11A, qual ou quais conceitos que você achou mais difícil no curso de modelagem?

**E11A:** São três, o Is, os Ps e a retroalimentação.

**Prof.:** O I e o P. A diferenciação do I e o P?

**Prof.:** E tem alguma coisa a mais?

**E11A:** principalmente esses mesmos.

**Prof.:** Ah é porque eu lembro na aula de monitoria que você tinha me falado...

**E11A:** e eu achei difícil diferenciar os Is dos Ps. E também a retroalimentação. Esses foram os mais difíceis.

**Prof.:** Qual que você achou mais difícil, o I ou o P?

**E11A:** O I.

**Prof.:** E você sabe qual a diferença do I e o P agora?

**E11A:** Sim

**Prof.:** Então qual a função do I?

**E11A:** O I mostra processos e são usados de uma taxa para o estoque. O P apenas propaga os efeitos dessa taxa para outras variáveis quantidades.

**Prof.:** Agora em relação as retroalimentações, você saberia me dizer o que é a retroalimentação?

**E11A:** Sim, tem a reforçadora e a balanceadora né? a reforçadora vai ajudar o processo e a balanceadora vai estabilizar o sistema.

**Prof.:** Muito bom. Ta certo. Tivemos atividade de modelagem no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*, qual das duas versões você achou mais fácil?

**E11A:** O web.

**Prof.:** Por quê?

**E11A:** Porque é mais simples, não tem comandos no teclado que você precisa lembrar, não tem muita regrinha tipo... só coisa simples, é mais fácil de clicar.

**Prof.:** Isso. outra questão E11A, se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E11A:** Para melhorar? Começar o curso direto com o web por ser mais simples de usar.

**Prof.:** Sério? Você acha que começar na web é melhor?

**E11A:** sim, ele já está até em português. Tipo, é mais atual.

**Prof.:** Interessante. Legal. E em uma nova edição, se a gente fosse avançar um pouco mais na modelagem, você gostaria de participar de uma nova edição?

**E11A:** sim, gostaria.

**Prof.:** Então ta bom. No seu dia-a-dia, você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo após iniciar o curso de modelagem?

**E11A:** Sim eu consigo agora expressar algumas coisas tipo processos que acontecem no mundo, aí aqui através da modelagem e mais fácil de fazer explicações.

**Prof.:** Entendi. E você consegue reconhecer processos no mundo real?

**E11A:** Sim.

**Prof.:** Seria capaz de me falar alguns exemplos de processos no mundo real?

**E11A:** Os processos da água, tipo da evaporação, da precipitação, e todos os outros.

**Prof.:** E que mais?

**E11A:** o crescimento populacional, produção de esgotos, remoção de lixo, e vários outros.

**Prof.:** Certo, e você consegue reconhecer processos nos diferentes conteúdos trabalhados na escola? Então por exemplo, lá na biologia, ou na química, ou na física, ou na geografia... O professor dando aula você já reconheceu algum processo, fez alguma relação com processo?

**E11A:** Já, na geografia por exemplo, eu já aprendi sobre o crescimento populacional, na química eu já aprendi as transformações da água. Ah até na física, aquele processo de deslocamento de objeto que o senhor mostrou.

**Prof.:** ótimo E11A, então tá bom. Muito obrigado pela participação.

### Entrevista com o estudante E14A

**Prof.:** Qual é o seu nome?

**E14A:** E14A.

**Prof.:** Qual turma você é?

**E14A:** Primeiro de informática.

**Prof.:** E14A, sobre o curso de modelagem qualitativa, o que você mais gostou até o momento?

**E14A:** Eu gostei mais de construir modelos e fazer simulações.

**Prof.:** Muito bem... é...

**E14A:** por exemplo, e esses modelos podem ajudar nos meus projetos, trabalhos aqui na escola, é utilizar a inteligência artificial para ajudar na tomada de decisões em problemas nos trabalhos da escola.

**Prof.:** Muito bem. Ótimo. O que você não gostou no curso de modelagem?

**E14A:** Eu gostei de tudo.

**Prof.:** E não tem nenhuma questãozinha que você não gostou, como carga horária, ser no turno vespertino pra você está bom?

**E14A:** Não, está tranquilo.

**Prof.:** Ótimo. Qual é a diferença entre o LS1 e o LS2? Você consegue lembrar?

**E14A:** é que o LS1 é mais pra configuração em determinadas entidades, tipo mapas. Então o LS2 ele já adiciona mais coisas, como as quantidades, o + e o - que são os tipos de influências. E eu já posso fazer simulação do modelo.

**Prof.:** E do LS3 para o LS4, você notou muita diferença?

**E14A:** Sim, porque no LS3 ele á adiciona as magnitudes.

**Prof.:** Aham. E no LS4, você notou muita diferença do LS3 para o LS4?

**E14A:** Sim porque a principal diferença que eu percebi foi o uso dos Is e Ps, e também as correspondências entre as magnitudes.

**Prof.:** Ah sim, e...

**E14A:** Ah, também tem a retroalimentação.

**Prof.:** Certo. O que são os Is?

**E14A:** O I+ e o I- que são as taxas.

**Prof.:** muito bem...

**E14A:** Na verdade eles que tem a principal diferença porque o P é o mesmo que o mais e o menos do LS2 e LS3.

**Prof.:** Muito bem. Então qual a diferença entre os Is e os Ps?

**E14A:** O I ele é utilizado para taxa quando uma taxa vai estar adicionando ou diminuindo valores em alguma variável.

**Prof.:** Humm.

**E14A:** E o P encaminha os efeitos que começaram na taxa. Por exemplo se está crescendo a outra vai crescer; se está diminuindo a outra também vai diminuir.

**Prof.:** Se for o P+ e se for o P-?

**E14A:** Se for P- ela vai na direção oposta, se for o P+ vai ser junto éh... vai na mesma direção.

**Prof.:** Muito bem. Em qual nível de complexidade de *DynaLearn* é possível representar o conhecimento de forma mais realista?

**E14A:** O LS4.

**Prof.:** E por quê?

**E14A:** Porque no LS4 já tem as retroalimentações.

**Prof.:** E o que mais?

**E14A:** É também pelos processos...

**Prof.:** Muito bem. Quais conceitos que você achou mais difícil no curso de modelagem?

**E14A:** A diferença entre os Is e os Ps.

**Prof.:** hum... com os Is e os Ps...

**E14A:** Quando você faz a simulação de um determinado nível no *DynaLearn*, aí ele mostra a simulação com o grafo muito complexo. Aí os Is fazem aumentar muito a complexidade da simulação. Essa foi uma das coisas que eu mais achei difícil de entender.

**Prof.:** Ah certo. E o que mais?

**E14A:** as retroalimentações também é um pouco difícil, mas eu entendi. Tem a reforçadora e a balanceadora.

**Prof.:** E qual é a diferença?

**E14A:** elas controlam o sistema, no caso a balanceadora porque vai meio que balancear, éhh estabilizar. A outra, reforçadora vai reforçar o processo.

**Prof.:** Ah então ta bom. Outra questão. Entre os Is e os Ps, Qual desses conceitos você achou mais difícil?

**E14A:** O I.

**Prof.:** Por quê?

**E14A:** Porque eu não estava entendendo qual que era a diferença entre você adicionar ou retirar valor de uma taxa em uma variável, mas depois das aulas eu já entendi.

**Prof.:** Ah certo. Tivemos atividades de modelagem no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil?

**E14A:** O web.

**Prof.:** Por quê?

**E14A:** Porque por exemplo, quando você clica para adicionar quantidade você não precisa entrar em uma outra aba para definir o nome e outras características, você já faz direto. E além do *Dyna web* que já vai salvando automaticamente ao passar do tempo porque ameniza o risco de você acabar perdendo por uma queda de energia, algum erro no software. E o *Dyna* físico eu não sei o que acontece mas tem um problema nele que ele fecha constantemente. E no físico tem que apertar o “shift” para fazer a ligação entre as entidades e outras coisas...

**Prof.:** Entendi. Muito bem. E se fôssemos propor uma nova edição para o curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E14A:** Como ensino, tipo isso?

**Prof.:** É.

**E14A:** Mas tipo, alterar o ensino, a didática... ou o conteúdo?

**Prof.:** O curso, o projeto mesmo, a proposta. Qualquer sugestão para melhorarmos em qualquer ponto desses que você falou, seja no ensino, seja no conteúdo, seja no projeto, seja no horários, seja na carga horária...

**E14A:** Não sei.

**Prof.:** Teria alguma sugestão para melhorarmos ou poderia manter? Por exemplo, se a gente fosse ofertar esse curso para a turma do ano que vem de novo, você acha que poderia manter ou melhoraria em alguma coisa?

**E14A:** Manter.

**Prof.:** ok, e em uma nova edição, se a gente fosse avançar um pouco mais na modelagem você gostaria de participar?

**E14A:** Sim.

**Prof.:** E no seu dia-a-dia você percebeu alguma diferença na sua visão de ver o mundo após o curso de modelagem?

**E14A:** Sim, por exemplo alguma coisa que influencia em outra, os processos e as retroalimentações tipo, a balanceadora e a reforçadora.

**Prof.:** Certo. E você consegue reconhecer processos do mundo real?

**E14A:** Sim.

**Prof.:** Por exemplo...

**E14A:** por exemplo de como funciona o processo de evaporação da água, da precipitação da água, os processos envolvidos no ciclo da água.

**Prof.:** e você consegue reconhecer processos nos diferentes conteúdos trabalhados na escola? Por exemplo em biologia, geografia, Física, química...

**E14A:** Sim.



**Prof.:** Por exemplo.

**E14A:** Por exemplo na própria química com o ciclo da água e as transformações tipo, evaporação, solidificação, fusão, precipitação. Na Geografia a gente estuda inundação, solo.

**Prof.:** Entendi. E mais algum exemplo?

**E14A:** Não, só esses.

**Prof.:** Certinho, muito obrigado.

### Entrevista com o estudante E18A

**Prof.:** E18A, você é de qual turma?

**E18A:** Primeiro de informática.

**Prof.:** E18A, vamos lá. Sobre o curso de modelagem, o que você mais gostou?

**E18A:** Eu gostei principalmente do LS4 porque ele tem uma forma mais ampla de você ver os processos... aí meio que você entende mais.

**Prof.:** Ótimo. Muito bom. E18A e agora me fala, o que você não gostou no curso de modelagem?

**E18A:** sinceramente nada.

**Prof.:** Foi tranquilo pra você?

**E18A:** sim, gostei muito do curso.

**Prof.:** Então ta bom. Qual é a sua opinião sobre o LS1?

**E18A:** Bom, o LS1 é mais básico, ele tipo, pra representar o modelo só por Mapas conceituais.

**Prof.:** Isso. E do LS1 para o LS2, você notou alguma diferença?

**E18A:** do LS1 para o LS2 adiciona quantidade e eu não sei se é nele que começa a causa e efeito. Hum, é acho que é isso mesmo, no LS2 já vê quem influencia quem.

**Prof.:** Sim, é isso mesmo. E o que mais?

**E18A:** Tem as entidades, configurações e tem quantidades.

**Prof.:** Mais alguma coisa?

**E18A:** As influências.

**Prof.:** E você lembra o que a gente faz no LS2 que a gente não faz no LS1?

**E18A:** As simulações...

**Prof.:** No LS1 pode?

**E18A:** Não.

**Prof.:** Muito bem. E18A, e do LS2 para o LS3, você notou alguma diferença significativa?

**E18A:** Sim. O LS3 é onde você começa com as magnitudes.

**Prof.:** Isso, e tem mais alguma coisa?

**E18A:** Tem grafos que a gente aprende e correspondências também.

**Prof.:** Excelente. E entre o LS3 e o LS4?

**E18A:** O LS3 e o LS4 eu achei que o LS4 é bem mais complexo, é mais real.

**Prof.:** Mais real.

**E18A:** E ele gera bastante estados.

**Prof.:** É, entendi. E o que a gente representa no LS4 que a gente não representa no LS3 ou no 2, por exemplo?

**E18A:** Processos.

**Prof.:** Processos? certo, e você saberia me dizer o que é processo ou não E18A?

**E18A:** Processos é... deu branco.

**Prof.:** Deu branco? Eu vou te ajudar. Processo é o que inicia...

**E18A:** Ah, que começa as mudanças no modelo.

**Prof.:** Ah sim... E quais conceitos você mais achou difícil no curso de modelagem?

**E18A:** Os conceitos do LS4 eu achei mais difícil porque ele tem bastante coisa.

**Prof.:** Entendi, o LS4 tem muitas coisas né?

**E18A:** ...sim, retroalimentação, taxas, e tal.

**Prof.:** E você achou difícil?

**E18A:** Sim.

**Prof.:** Você saberia me dizer por exemplo o que é a retroalimentação?

**E18A:** Retroalimentação tem dois tipos.

**Prof.:** Tem dois tipos. Quais?

**E18A:** A balanceadora que no caso é para balancear tipo controlar as quantidades.

**Prof.:** certo.

**E18A:** Tipo controlar o sistema, por exemplo.

**Prof.:** Isso, e a reforçadora?

**E18A:** E a reforçadora é quando tipo vai reforçar o sistema para continuar acontecendo o processo.

**Prof.:** sim. Tá. No LS4, nós utilizamos os Is e os Ps lembra? Qual desses dois conceitos você achou mais difícil?

**E18A:** Os Is.

**Prof.:** Por quê?

**E18A:** Os Is porque... eu não sei explicar muito bem, mas quando usa o I o sistema muda tudo e dá aquele tanto de estados no grafo.

**Prof.:** Mas o que significa os Is?

**E18A:** na aula a gente aprendeu que mostra as taxas no modelo, aí tipo soma uma quantidade de valor na variável né?

**Prof.:** se for I+, e se for I-?

**E18A:** mostra taxa também mas diminui a variável.

**Prof.:** certo E18A. E você sabe qual é a função dos Ps?

**E18A:** Ele tem a mesma função do mais e do menos. Por exemplo, no caso um aumenta e o outro diminui se for P- ou menos, e se for P+ ou mais os dois aumenta ou os dois diminui.

**Prof.:** Então quais conceitos que você achou mais difícil?

**E18A:** sim, eu achei bem difícil no começo para diferenciar as influências diretas e os Ps.

**Prof.:** ah sim.

**E18A:** principalmente as influências diretas mesmo.

**Prof.:** Certo. Tivemos atividade de modelagem no *DynaLearn* e também no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil?

**E18A:** eu achei o *Dyna web* mais fácil.

**Prof.:** o *Dyna web*. Por quê E18A?

**E18A:** eu acho o *Dyna web* mais fácil porque nele você pode salvar os modelos mais fácil, é salvo automaticamente. Por exemplo no *Dyna* físico ele ainda tem alguns bugs que você aperta alguma tecla diferente e ele fecha. Isso é péssimo porque as vezes a gente tem um modelo lá quase pronto e fecha tudo.

**E18A:** ele dá um erro e fecha e no *Dyna web* não acontece isso né?

**Prof.:** ta certo, muito bom. Se fôssemos propor E18A uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E18A:** olha professor, não, eu acho que assim está bom.

**Prof.:** nenhuma melhoria?

**E18A:** não, tipo a carga horária está boa, as aulas são ótimas, o professor é muito bom.

**Prof.:** Ah obrigado. E18A e em uma nova edição, se a gente avançasse um pouco mais na modelagem, você gostaria de participar numa nova edição do curso?

**E18A:** sim.

**Prof.:** Então tá bom. E no seu dia-a-dia você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo após o curso de modelagem?

**E18A:** sim, antes eu não tinha uma visão sistêmica do mundo e durante o curso eu estou melhorando isso, tendo uma visão mais sistêmica das coisas.

**Prof.:** Ah muito bem.

**E18A:** estou sabendo mais os processos e tal.

**Prof.:** isso, e saberia me dizer o que seria ter uma visão mais sistêmica, por exemplo?

**E18A:** é quando você vê os processos das coisas que acontecem e sabe explicar o que está acontecendo em um olhar mais amplo. Tipo quando vai montar um carro, tem as partes do carro que a gente aprendeu que era como se fosse os objetos do sistema. Tem também os processos envolvidos na produção das peças do carro, que vai ajudar a montagem do carro e isso tudo

influencia a quantidade de carros para vender. Se tiver baixa a quantidade de carros tem que aumentar a produção, se tiver alto a quantidade de carros tem que diminuir a produção.

**Prof.:** entendi. Então vê mais essas relações, como as coisas se influenciam né?

**E18A:** isso.

**Prof.:** então por exemplo, desses exemplos que você falou uma coisa tem influência sobre outra e talvez lá na frente vai influenciar uma ação que você iniciou no começo por exemplo na compra de uma carro né.

**E18A:** sim.

**Prof.:** ta, muito bem. E você consegue reconhecer outros processos no mundo real, E18A?

**E18A:** sim.

**Prof.:** Por exemplo.

**E18A:** ah, por exemplo a poluição no ar, deixa eu ver tem muitos.

**Prof.:** ah sim.

**E18A:** eu tinha pensado aqui agora no desmatamento.

**Prof.:** Tranquilo. Você consegue reconhecer processos nos conteúdos das disciplinas de algum professor ou não? Por exemplo, o professor está dando aula de alguma conteúdo de geografia, ou de química, ou de biologia...

**E18A:** Sim, química, aqueles estados da água, na verdade as transformações dos estados da água né? na biologia a gente estuda também os ciclos da água, nitrogênio né? geografia tem a parte da população, tipo taxa de natalidade e mortalidade.

**Prof.:** Ah certo. E18A, maravilha. Muito obrigado.

### Entrevista com o estudante E21A - Turma A

**Prof.:** E21A, qual é o curso que você faz? Qual é a turma?

**E21A:** Eu faço a turma primeiro de informática.

**Prof.:** Muito bem. E21A sobre o curso de modelagem qualitativa o que você mais gostou até o momento?

**E21A:** Sinceramente eu gostei de criar os modelos.

**Prof.:** hum...

**E21A:** É, de pôr em prática.

**Prof.:** O que você não gostou no curso de modelagem até o momento e por quê?

**E21A:** No início eu não estava gostando porque era muito só mapas sabe? Mas aí depois o curso começou a ficar melhor, me ajudou a entender as coisas, como que uma coisa influencia outra. Eu estou gostando bastante porque estou progredindo, e eu tenho mais facilidade pra entender até questões em outras disciplinas.

**Prof.:** Ah muito bom. E qual a sua opinião sobre os modelos que a gente fez em LS1? O que você acha do LS1, do *DynaLearn*?

**E21A:** Assim, é legal, mas é muito simples, não tem simulações. No início mesmo das simulações eu já comecei a gostar, eu já falei “pronto, maravilhoso”.

**Prof.:** E o que você faz em LS1?

**E21A:** Eu vou criar os mapas, os mapas mentais.

**Prof.:** Isso, muito bem. E quais diferenças que você observou entre o LS1 e o LS2?

**E21A:** Que agora a gente já adicionou derivadas...

**Prof.:** hum.

**E21A:** Configurações.

**Prof.:** E que mais?

**E21A:** agora eu também adicionei quantidades.

**Prof.:** E o que mais?

**E21A:** Eu já adicionei também as influências.

**Prof.:** Muito bem. Fale mais das diferenças que você percebeu do LS2 para o LS1? Por exemplo, o que você faz no LS2 que você não faz no LS1?

**E21A:** Agora eu posso rodar o modelo.

**Prof.:** Rodar o modelo, isso.

**E21A:** é, fazer simulações.

**Prof.:** e o que mais?

**E21A:** éh, a gente consegue ver o que está influenciando alguma coisa, e quem uma quantidade vai influenciar.

**Prof.:** E você notou diferença significativa entre os LS2 e LS3?

**E21A:** Notei.

**Prof.:** Por exemplo.

**E21A:** Por exemplo, agora, no LS3, quando eu rodar o sistema, eu já posso ter os grafos.

**Prof.:** E por que você tem os grafos de estados? O que você põe no LS3 que não põe no LS2?

**E21A:** ah, agora no LS3 eu posso colocar as magnitudes.

**Prof.:** ...magnitudes.

**E21A:** Magnitudes.

**Prof.:** Isso mesmo. E entre o LS3 e o LS4? Você viu muita diferença?

**E21A:** Bastante.

**Prof.:** Certo. Qual é a sua opinião sobre os modelos feitos em LS4?

**E21A:** Eles são mais complexos...

**Prof.:** Mais complexos... Hã?

**E21A:** Mais elaborados e eles estão mais presentes no nosso cotidiano né? a gente pode perceber isso no nosso cotidiano.

**Prof.:** Ah certo. E o que você percebe no seu cotidiano por exemplo, por quê que o LS4 te chamou mais atenção?

**E21A:** Porque ele envolve mais coisas, ele envolve taxas, processos, envolve estoques.

**Prof.:** Taxas, muito bem... estoques. E o que você usa no LS4 que por exemplo você não usava no LS3?

**E21A:** Eu vou usar o I, o P que o P tem valor de influência positiva e negativa igual no LS2 e LS3.

**Prof.:** isso...

**E21A:** o P é a mesma coisa do mais e do menos.

**Prof.:** Muito bem. Agora, em qual nível de complexidade LS1, LS2, LS3 ou LS4, é possível representar o conhecimento de forma mais realista?

**E21A:** O 1 são mapas conceituais, são coisas básicas que a gente não faz as simulações. Os mapas no nosso dia-a-dia a gente constantemente está fazendo isso. No 2, agora a gente tem simulações, agora eu tenho derivadas, agora eu tenho quantidade, configurações na verdade. No 3 eu posso colocar valor magnitudes e ver as trajetórias que o modelo gera. Aí no 4 é muito mais complexo que a gente pode perceber...

**Prof.:** Então qual que é mais realista na sua opinião?

**E21A:** O 4.

**Prof.:** O 4 é mais realista. Tá certo. Muito bem. E por que o 4 é mais realista?

**E21A:** tem alguns conceitos que a gente viu, por exemplo no 4, que deixa o modelo mais real.

**Prof.:** Por exemplo, quais conceitos?

**E21A:** por exemplo, processos.

**Prof.:** Isso.

**E21A:** A gente tem taxas e retroalimentação.

**Prof.:** Isso, muito bem. Agora, E21A, quais conceitos que você achou mais difícil no curso de modelagem até o momento? Mais difícil pra você?

**E21A:** O conceito com certeza dos Is.

**Prof.:** ...influência direta.

**E21A:** Isso, e eu também achei a retroalimentação bastante difícil.

**Prof.:** Esses dois conceitos... E tem mais algum que você achou mais difícil ou não?

**E21A:** não, esses foram os mais difíceis.

**Prof.:** Os mais difíceis... então tá bom. No LS4, nós utilizamos os Is e os Ps. Aí você até falou que os Is são mais difíceis, certo?

**E21A:** Isso, os Is.

**Prof.:** E por quê você achou os Is mais difícil que os Ps?

**E21A:** Por causa que agora ele vai ser o início do processo, ele é o início da causa de mudança no sistema, que é a representação do processo. Vai pesar uma mudança no modelo.

**Prof.:** E o que significa o I?

**E21A:** O I é uma influência direta.

**Prof.:** Direta. E o que significa o I+, por exemplo?

**E21A:** Ele está influenciando positivamente, ele está acrescentando valores.

**Prof.:** Acrescentando. E o I-?

**E21A:** Ele está diminuindo, ta retirando.

**Prof.:** Diminuindo, retirando. Agora sobre as experiências no *Dyna*. Tivemos atividades de modelagem no *Dyna* físico e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil e por quê?

**E21A:** Eu achei o *Dyna web* por causa que agora eu não tenho que ficar clicando o “shift” para colocar as coisas... é mais fácil, eu posso apenas clicar e na hora que eu clicar por exemplo na entidade vai aparecer as opções, eu clico e já escrevo o que eu quero. É bem mais fácil.

**Prof.:** Muito bom E21A. Agora, se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E21A:** Melhorar o projeto...? Para mim ele está perfeito.

**Prof.:** Em relação à carga horária...

**E21A:** Assim, talvez acrescentar dias da semana porque aí agora a gente poderia aprofundar em mais temas e ter mais horas de prática de modelagem.

**Prof.:** Entendi. E por exemplo, se fôssemos ofertar uma nova edição, avançar um pouco mais na modelagem, você gostaria de participar?

**E21A:** Com certeza.

**Prof.:** Mesmo considerando as outras atividades que você fazem aqui na escola?

**E21A:** Sim, eu daria um jeito de abrir um horário na minha agenda porque é um momento que eu gosto de participar.

**Prof.:** Muito bom E21A. No seu dia-a-dia você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo após o curso de modelagem?

**E21A:** Facilidade em entender questões melhor as questões de química, biologia, física e até matemática.

**Prof.:** Ah entendi.

**E21A:** Eu consigo interpretar agora e com mais facilidade.

**Prof.:** Muito bom. Você consegue reconhecer processos no mundo real?

**E21A:** Dependendo eu até consigo.

**Prof.:** você poderia falar algum exemplo de processo?

**E21A:** Por exemplo... do mundo real, que eu presencio?

**Prof.:** É.

**E21A:** Questão de produção de energia.

**Prof.:** ah sim, produção de energia.

**E21A:** Quando a gente tem é... por exemplo, o fluxo de água. Quando eles desligam a água de fornecimento de um bairro por exemplo, posso pensar assim “uai, desligou porque está tendo falta então eles tem que racionalizar senão não vai dar pra cidade toda”. E eu já faço um modelo na minha cabeça.

**Prof.:** Entendi, certo. E21A e nas disciplinas do dia-a-dia daqui da escola, você consegue reconhecer processos nos diferentes conteúdos trabalhados na escola?

**E21A:** já, em Química.

**Prof.:** Por exemplo.

**E21A:** Por exemplo a ebulição, a fusão da água são processos. A gente percebe se está aumentando a temperatura, a água líquida vai evaporar, vai aumentar a temperatura da água e ela vai evaporar, virar vapor d'água, e isso é um processo.

**Prof.:** Muito bem, E21A. Perfeito, muitíssimo obrigado...

**E21A:** Obrigada você.

## TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS – TURMA B

### Entrevista com a estudante E2B

- Prof.:** Então E2B, sobre o curso de modelagem o que você mais gostou até o momento?
- E2B:** Ah gostei de fazer modelo
- Prof.:** Muito bem. E o que você não gostou no curso de modelagem? E porquê?
- E2B:** não teve uma coisa que eu não gostei, eu gostei do curso.
- Prof.:** ah sim.
- E2B:** mas também eu achei muito difícil de fazer modelos em LS4, eu não estava entendendo.
- Prof.:** Entendi. Qual que é a sua opinião sobre os modelos em LS1?
- E2B:** Ah são fáceis.
- Prof.:** Aham, e o que você constrói em LS1?
- E2B:** Mapas conceituais.
- Prof.:** Então tá bom. Você lembra das diferenças entre o LS1 e LS2?
- E2B:** Ah não lembro muito bem.
- Prof.:** O que se adiciona no LS2? O que você faz no LS2 que você não faz no LS1? Lembra ou não?
- E2B:** ah por exemplo tem as entidades, quantidades né?.
- Prof.:** Sim...
- E2B:** ah a gente também já roda o modelo no LS2.
- Prof.:** Isso...
- E2B:** Tem configurações. Acho que é isso.
- Prof.:** Tá bom. E qual que é a sua opinião sobre os modelos feitos em LS4?
- E2B:** Ah são mais completos.
- Prof.:** ...mais completos...
- E2B:** ... mais difíceis
- Prof.:** E por quê que você acha que eles são mais difíceis, E2B?
- E2B:** porque são processos.
- Prof.:** hum. E olha aqui, na sua opinião qual nível de complexidade LS1, 2, 3 ou 4 é mais próximo da realidade?
- E2B:** O LS4.
- Prof.:** O LS4. E quais dos conceitos de LS4 que você achou mais complexo, mais difícil?
- E2B:** Retroalimentação e os Is...
- Prof.:** E os Ps, você achou difícil também ou não?
- E2B:** ...os Ps também porque confunde.
- Prof.:** Você sabe o que significa o P no LS2 ou no LS3 ou não?
- E2B:** Sim, sei, é o mais e o menos.
- Prof.:** Muito bem, ótimo. E2B, você saberia me dizer a diferença entre os Is e os Ps?
- E2B:** O I é de taxas.
- Prof.:** Ah muito bem e os Ps?
- E2B:** E o P é de mais e menos do LS2 e LS3.
- Prof.:** Ah, e o que é a retroalimentação?
- E2B:** é a balanceadora e a reforçadora.
- Prof.:** Ah, e o que é a retroalimentação?
- E2B:** é a balanceadora e a reforçadora.
- Prof.:** e qual é a diferença entre essas duas formas de retroalimentação?
- E2B:** é a balanceadora vai tipo estabilizar o processo. A reforçadora vai reforçar o processo.
- Prof.:** Mais e menos, muito bem. Certo. Nós tivemos atividade de modelagem no *Dyna* físico e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil?
- E2B:** O *Dyna web*.
- Prof.:** Por quê?
- E2B:** Eu achei mais fácil pra mexer do que no *Dyna* físico.

**Prof.:** Entendi. E o que você não achou fácil pra mexer do que no *Dyna* físico? Você lembra de alguma coisa?

**E2B:** Ah o físico tem que ficar apertando um monte de botão, um monte de negócio. O web já dá os comando direto, pode acessar de qualquer lugar e tá em português.

**Prof.:** Tá certo. Se fôssemos fazer uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto? Carga horária, ser no contra turno por exemplo... tem alguma que você daria sugestão para mudar ou não?

**E2B:** Acho que não.

**Prof.:** Não? Então o curso desse jeito que foi ofertado está bom pra você? Gostou?

**E2B:** Está bom.

**Prof.:** Então tá bom. Uma outra coisa, se a gente fosse ofertar uma nova edição, uma modelagem mais avançada e ainda sabendo que você e ainda sabendo que vocês têm uma carga horária grande. Mas ainda assim você gostaria de fazer, dar continuidade avançar um pouco mais no curso de modelagem ou por conta do tempo, da carga horária, você acha que não seria interessante?

**E2B:** Eu acho que sim.

**Prof.:** Então tá bom. Você consegue reconhecer processos no mundo real?

**E2B:** Sim.

**Prof.:** Você daria um exemplo pra mim ou dois exemplos?

**E2B:** De processos?

**Prof.:** É.

**E2B:** Tipo, crescimento da árvore, a erosão do solo.

**Prof.:** Certo, ok. Então tá bom. E você conseguiria reconhecer processos nas disciplinas escolares?

**E2B:** Sim, tipo na química que a gente estuda a evaporação, condensação, precipitação.

**Prof.:** em alguma outra disciplina?

**E2B:** acho que não.

**Prof.:** Então tá certo, E2B. Muito obrigado.

### Entrevista com a estudante E6B

**Prof.:** Boa tarde E6Bina, tudo bem?

**E6B:** Boa tarde.

**Prof.:** Você é de qual turma?

**E6B:** Primeiro de mineração.

**Prof.:** Muito bom. E6B, sobre o curso de modelagem qualitativa, o que você mais gostou até o momento?

**E6B:** Ah de simular coisas na realidade.

**Prof.:** Fazer as simulações, né?

**E6B:** É.

**Prof.:** Certo. O que você não gostou no curso de modelagem?

**E6B:** então professor, eu gostei de tudo.

**Prof.:** não teria nenhuma questão para sugerir de possível melhoria?

**E6B:** para mim está sendo tranquilo.

**Prof.:** Ah certo, tá bom. Me fala qual são as diferenças entre o LS1 e os LS2?

**E6B:** É porque a segunda faz simulação.

**Prof.:** Faz simulações... muito bem. E no LS1 o que você faz?

**E6B:** Mapas conceituais

**Prof.:** Mapas conceituais, tá. Além de simulações o que mais você faz no LS2 que não faz no LS1? Você lembra?

**E6B:** Tem as derivadas.

**Prof.:** Derivadas...e o que mais?

**E6B:** O cenário.

**Prof.:** O cenário...

**E6B:** As influências, as relações de causa e efeito, tipo para influenciar as quantidades.

- Prof.:** Muito bem. Você notou alguma diferença significativa entre o LS2 e o LS3?
- E6B:** As magnitudes
- Prof.:** Magnitudes no LS3. E entre o LS3 e o LS4, você notou muita diferença?
- E6B:** Sim.
- Prof.:** É? E qual é a sua opinião sobre modelos feitos em LS4?
- E6B:** Ah dificuldade nas influências, nos Is e nos Ps.
- Prof.:** Ah certo. E os feedbacks, as retroalimentações.
- E6B:** Ah mais ou menos
- Prof.:** Achou mais tranquilo que os Is e os Ps juntos, certo. Você saberia me dizer qual que é o conceito mais difícil do curso de modelagem até o momento? Ou quais os conceitos mais difíceis que você aprendeu?
- E6B:** Os Is
- Prof.:** E você saberia me dizer a diferença entre os Is e os Ps?
- E6B:** O I é pra taxa.
- Prof.:** O I é pra taxa... e o P?
- E6B:** é o mesmo que o mais e menos do LS2 ou LS3.
- Prof.:** Certo representa o mais e menos lá do LS2 e do LS3. Em qual nível de complexidade é possível representar o conhecimento de forma mais realista? O LS1, LS2, LS3 ou LS4?
- E6B:** O LS4.
- Prof.:** Por quê?
- E6B:** É mais completo, tem as correspondências, os Is e Ps.
- Prof.:** Certo. E o que você representa no LS4 que você não representa no LS3? Que fica mais próximo da realidade...?
- E6B:** ah, os processos.
- Prof.:** Muito bem. E tivemos atividade de modelagem no *Dyna* físico e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil?
- E6B:** Ah não é que é mais fácil, mas eu gosto mais do web.
- Prof.:** E por quê?
- E6B:** é mais direto, se você clica na entidade já aparece o espaço para escrever o nome dela e ligar na outra entidade.
- Prof.:** Se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?
- E6B:** Não, pra mim já está ótimo.
- Prof.:** E em uma nova edição do curso, você gostaria de participar de uma nova edição?
- E6B:** Ah sim
- Prof.:** No seu dia-a-dia você consegue reconhecer processos.
- E6B:** Sim.
- Prof.:** Por exemplo.
- E6B:** A transformação dos estados da água.
- Prof.:** Por exemplo, fala para mim dois.
- E6B:** A evaporação, a precipitação.
- Prof.:** Evaporação, a precipitação... muito bem. Excelente, muito obrigado.

### Entrevista com a estudante E17B

- Prof.:** olá E17B, tudo bem? Você é de qual turma?
- E17B:** tudo bem. Sou da mineração.
- Prof.:** E17B, então vamos lá. Sobre o curso de modelagem qualitativa, o que você mais gostou até o momento?
- E17B:** o que eu mais gostei até o momento, é que de conseguir enxergar as coisas com mais clareza e não ter um pensamento básico, sim complexo, pensar em formas mais complexas, e isso é o que eu mais gosto no curso.
- Prof.:** ah sim, Ótimo! E E17B o que você não gostou no curso de modelagem até o momento?



**E17B:** do curso em si, não tem nada que eu tenha algo contra, e sim mais na parte do programa que as vezes se apertar algum comando que não está ligado diretamente ao *DynaLearn* físico acaba fechando o projeto e você acaba perdendo o modelo, mas tirando isso, é tudo muito bom.

**Prof.:** certo. E17B qual sua opinião sobre modelos em LS1?

**E17B:** o modelo em Ls1, eu acho que ele não é um modelo mais complexo como a gente está vendo em LS4, e sim uma coisa mais estética, uma coisa mais limpa que você aprende a conceituar o mapa e deixar uma coisa de forma mais clara, hierárquica, uma coisa que fica mais em cima, mais clara para ver qual vai ser o segmento do modelo e essas coisas assim.

**Prof.:** Certo. E quais diferenças você observou entre LS1 e LS2?

**E17B:** do LS1 para o LS2, começa a introduzir algumas ferramentas que eu esqueci o nome, mas que vai aperfeiçoando, vai começando a ter uma ligação mais direta entre uma entidade e a outra e não uma coisa meio solta como é no LS1, e sim uma coisa mais complexa vai agregando mais no espaço.

**Prof.:** vamos tentar lembrar o que se faz no LS2 que não faz no LS1?

**E17B:** no LS2 eu acho que se faz uma coisa nova, a rodagem do modelo, a simulação, as influências que mostram a relação de causalidade entre as quantidades...

**Prof.:** E você notou alguma diferença significativa entre o LS2 e o LS3?

**E17B:** no LS3 acrescenta bem mais coisas do que o LS2. No LS3 começa a introduzir as magnitudes, os grafos, o diagrama de valores.

**Prof.:** isso... E entre o LS3 e o LS4, você viu muita diferença?

**E17B:** muita diferença, acrescenta muita coisa, as influências dos Is, Ps, a retroalimentação.

**Prof.:** e qual é sua opinião sobre modelos feito em LS4?

**E17B:** LS4... acho que a melhor coisa que tem é que a gente começa a trabalhar com processos reais que a gente está com contato no dia a dia, por exemplo, clima, tempo, ter uma noção melhor de como os processos funciona.

**Prof.:** em qual nível de complexidade LS1, LS2, LS3 e LS4 é possível representar o conhecimento de forma realista?

**E17B:** é o LS4...

**Prof.:** e por que?

**E17B:** porque é exatamente isso, a gente começa a trabalhar com processos, ou seja as coisas que está mais no nosso dia a dia. E o *DynaLearn* oferece ferramentas para representar isso.

**Prof.:** tá... E quais conceitos você achou mais difícil do curso de modelagem até o momento?

**E17B:** eu acho que é mais as influências diretas, os Is...

**Prof.:** então está certo, vamos lá. E no LS4 utilizamos os Is e os Ps, qual desses dois conceitos você achou mais difícil?

**E17B:** eu acho que os Is, já que ele funciona de uma forma mais complexa do que os Ps, que é mais fácil de compreensão.

**Prof.:** os Ps é mais fácil a compreensão?

**E17B:** aham, com certeza é mais fácil.

**Prof.:** certo, ok. E você saberia dizer o que significa o I e o que significa o P?

**E17B:** vou explicar do P que é o que eu sei melhor, no P positivo quando a quantidade está aumentando a outra vai na mesma direção dela.

**Prof.:** muito bem.

**E17B:** já no P negativo é o inverso, se uma aumenta a outra vai diminuir.

**Prof.:** Agora e o conceito dos Is?

**E17B:** o I é diferente, se for I+ vai somar valores. O I – é igual você tinha falado em sala, vai subtrair, vai retirar valores.

**Prof.:** hum, certo.

**E17B:** é e ele representa processos.

**Prof.:** muito bem, ótimo. Bem, tivemos atividades de modelagem no *Dyna* físico e no *Dyna web*, qual das duas versões você achou mais fácil?

**E17B:** o mais fácil não minha opinião é o *Dyna web*. Eu gostei mais de trabalhar com ele.

**Prof.:** Se fôssemos fazer uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E17B:** creio que não, acho que do jeito que já está, tá muito bom, tá tendo o que foi proposto na oferta no curso, então, está muito bom.

**Prof.:** E17B, uma outra coisa, agora nós estamos pensando em outras possibilidades, e se por um acaso a gente ofertasse uma nova edição do curso, talvez para o segundo semestre diante da realidade que vocês tem aqui no instituto, claro que vocês tem muitas disciplinas, tem atividade de pesquisa, extensão, mas você faria se a gente ofertasse uma nova edição, você gostaria de participar do curso?

**E17B:** sim, acho interessante, já que ao longo do curso foi ampliando minha visão para realidade, não só o que proposto no curso, mas fora daqui. Começar a pensar de forma mais clara.

**Prof.:** no seu dia a dia você percebeu alguma diferença de mundo após o curso de modelagem?

**E17B:** sim, principalmente nas matérias da escola, isso ajuda bastante, a olhar de várias formas, e não uma única.

**Prof.:** entendi. Você consegue reconhecer processos no mundo real?

**E17B:** sim, no curso específico que eu faço, que é o de mineração, a gente tem uma matéria que é de geociência que começa a trabalhar também com processos envolvendo o clima, assoreamento, essas coisas. E ao longo que a professora vai explicando o conteúdo dela, eu e outras pessoas da minha turma, acho que tem essa visão também, que começa a ver as coisas de uma forma mais estruturadas, montando as relações de influência no caderno de uma forma mais clara como é ensinado na modelagem, uma coisa mais virtual.

**Prof.:** você saberia me dizer alguns exemplos de processos que você reconhece no mundo real?

**E17B:** acho que esse da enchente que a gente viu a pouco tempo que ocorre na cidade, e um dos mais recentes que eu me lembro trabalhado em sala de aula. Tem também o da evaporação, a da chuva.

**Prof.:** e você consegue reconhecer processos nos diferentes conteúdos trabalhados aqui na escola das disciplinas dos professores, por exemplo, na geografia. O professor está dando aula de geografia, você reconhece algum processo, ou então na própria geociência, ou na química, física, biologia, você consegue visualizar algum processo em algum dos conteúdos dessas disciplinas?

**E17B:** creio que sim, eu consigo observar esses processos na química, com o ciclo da água. Em geografia, por exemplo, que nós vimos no curso, a dinâmica de população, que envolve a retroalimentação.

**Prof.:** ótimo. Qual a diferença entre retroalimentação balanceadora e reforçadora, você lembra?

**E17B:** lembro, a balanceadora, busca... traz uma visão de como balancear, por exemplo, quando a taxa de natalidade está muito alta, precisa balancear a natalidade para poder controlar os números, aí é a balanceadora.

**Prof.:** e a reforçadora?

**E17B:** aí é tipo assim, se a natalidade tiver funcionando, mas precisar aumentar ainda mais, aí é a reforçadora.

**Prof.:** então tá E17B, muito obrigado.

### **Entrevista com a estudante E10B**

**Prof.:** E10B de que turma você é?

**E10B:** Primeiro de mineração.

**Prof.:** Muito bem. E10B sobre o curso de modelagem qualitativa, o que você mais gostou até o momento?

**E10B:** O que eu mais gostei é que a gente fez muitas modelagens conforme as coisas atuais.

**Prof.:** Ah certo. E da realidade?

**E10B:** Sim.

**Prof.:** E o que você não gostou do curso de modelagem?

**E10B:** não tem uma coisa assim que eu não gostei.

**Prof.:** Ah certo, entendi. E quais as diferenças que você observou entre o LS1 e o LS2?

**E10B:** O LS1 é porque eles são mapas conceituais e o LS2 são simulações casuais.

**Prof.:** E o que mais tem no LS2?

**E10B:** as quantidades, derivadas, tem configurações.

**Prof.:** E no LS3? O que você viu de diferente em relação ao LS2?

**E10B:** As magnitudes.

**Prof.:** E você notou diferença significativa entre o LS3 e o LS4?

**E10B:** Sim

**Prof.:** E qual é a sua opinião sobre os modelos em LS4?

**E10B:** São mais reais.

**Prof.:** Por que?

**E10B:** porque só no 4 a gente vê processos.

**Prof.:** Isso, entendi. E você achou muito difícil, muito fácil...?

**E10B:** Mais difícil.

**Prof.:** Mais difícil. E por quê você achou difícil?

**E10B:** Por causa dos Ps e dos Is.

**Prof.:** Entendi. Então tá, acho que agora você respondeu essa pergunta: quais conceitos você achou mais difícil no curso de modelagem?

**E10B:** Os Ps e os Is.

**Prof.:** Você saberia me dizer a diferença entre os Is e os Ps?

**E10B:** Taxa, adição e subtração.

**Prof.:** Isso é o I ou o P?

**E10B:** Taxa é o I.

**Prof.:** Taxa é o I.

**E10B:** Isso.

**Prof.:** Certo. E soma?

**E10B:** Também é o I. I+ é a soma no estoque, e I- é a subtração no estoque né?

**Prof.:** sim, isso. E os Ps?

**E10B:** é a mesma coisa do mais e do menos que a gente aprendeu no LS2.

**Prof.:** tivemos atividades de modelagens no *Dyna web* e no *Dyna* físico. Qual das duas versões você achou mais fácil?

**E10B:** o *Dyna web*.

**Prof.:** Por quê?

**E10B:** Porque não mexe muito no teclado. Não precisa do “shift” para fazer os modelos, e outras coisas. O *Dyna web* é melhor.

**Prof.:** Uhum. Se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E10B:** Não, eu gostei desse jeito.

**Prof.:** E em uma nova edição, você gostaria de avançar um pouco mais na modelagem?

**E10B:** Sim, gostaria de participar.

**Prof.:** Sim? No seu dia-a-dia você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo após o curso de modelagem?

**E10B:** Sim, um pouco.

**Prof.:** Você consegue reconhecer alguns processos no mundo real?

**E10B:** Sim.

**Prof.:** Por exemplo.

**E10B:** alagamento, erosão do solo.

**Prof.:** Ah, certo. E você reconhece processos nas diferentes disciplinas trabalhadas na escola? Por exemplo, nos conteúdos de biologia, ou de geografia, de física, de química, você lembra de ter visto algum processo, seus professores trabalhando processos?

**E10B:** Sim.

**Prof.:** Por exemplo.

**E10B:** na nossa aula, por exemplo, a gente viu os processos de química.

**Prof.:** quais, por exemplo?

**E10B:** evaporação, fusão, solidificação, precipitação.

**Prof.:** Está certo. E10B. Muito obrigado.

### Entrevista com a estudante E13B

**Prof.:** Então E13B, você é de qual turma mesmo?

**E13B:** Sou da turma do primeiro ano de mineração.

**Prof.:** E13B, sobre o curso de modelagem qualitativa, o quê você mais gostou até o momento?

**E13B:** Eu gostei de construir modelos no computador. Já na primeira aula que a gente teve, você já me passou o programa e eu cheguei em casa e já instalei e fui tentando fazer alguns modelos e eu até consegui.

**Prof.:** Maravilha. O que você não gostou no curso de modelagem?

**E13B:** assim, na verdade não teve nada que eu não gostei. Às vezes é um pouco difícil pra mim vir por conta que eu não sou daqui, sou de outra cidade. Então quando o curso é no horário das 15hrs, aí eu tenho que ficar aqui até às 19hrs da noite, então é um pouco complicado pra mim.

**Prof.:** Entendi.

**E13B:** Mas assim, em relação ao curso mesmo não tenho nada a reclamar.

**Prof.:** Entendi. Qual a sua opinião sobre os modelos feitos em LS1?

**E13B:** São modelos assim mais pra introdução, pra você entender um pouco, mais do que que é o software, o que ele vai te proporcionar. Então, é algo assim até mais fácil, né? são os mapas conceituais.

**Prof.:** E qual é o salto do LS1 para o LS2?

**E13B:** Aí já tem as influências, quantidades, entidades, já pode rodar o modelo.

**Prof.:** Isso mesmo.

**E13B:** E assim, o que eu tive um pouco de dificuldade é a influência negativa que você tem que dar uma pensada, se um tá aumentando o outro vai diminuir. Então assim, você tem que dar uma parada e pensar.

**Prof.:** Muito bem. E do LS2 para o LS3, você notou diferença significativa?

**E13B:** Sim porque já tem a questão das magnitudes.

**Prof.:** isso, as magnitudes.

**E13B:** E aí já fica um pouco mais complexo.

**Prof.:** Ótimo. E entre o LS3 e o LS4, na sua opinião tem diferença?

**E13B:** Muita.

**Prof.:** ...muita diferença?

**E13B:** Sim, o LS4 é bem mais completo, você tem que prestar muita atenção pra conseguir entender os Is, os Ps, a história dos valores, conseguir interpretar. É igual você tava falando esses dias que nesse nível a gente ia desenvolver mais a visão sistêmica. Então, eu acho que no LS4 é um pouco complexo. Então você tem que entender os outros learning spaces pra você conseguir entender o 4.

**Prof.:** Muito bom. E qual que é a sua opinião sobre os modelos feitos em LS4?

**E13B:** Eles são mais completos como eu disse, e também complexos. Precisam de uma atenção, você tem que entender o que cada coisa faz, tipo a função das taxas das variáveis de estado. Normalmente uma das coisas que eu mais erro é a diferença do I e do P. Aí você tem prestar atenção, olhar se está tudo certinho, as unidades, aí da certo. Então assim, o que eu mais vejo é que tem que ter atenção.

**Prof.:** Ah então tá bom. E em qual nível de complexidade o LS1, LS2, LS3 ou LS4 é possível representar o conhecimento de forma mais realista?

**E13B:** Bom, no LS4 a gente já tem mais coisas então por isso a gente consegue representar algo mais real, algo mais do cotidiano.

**Prof.:** E por que você acha que a gente consegue representar algo, mais real no LS4?

**E13B:** Por exemplo, a gente representa processos, e eu vou dar um exemplo do estado da água.

**Prof.:** Certo.

**E13B:** Então você consegue representar o processo mais detalhado, tipo a passagem água do estado líquido para o sólido, para o gasoso...

**Prof.:** Certo...

**E13B:** Então assim, tem uma complexidade a mais, tem um detalhamento a mais você consegue ver um nível mais detalhado em relação aos outros.

**Prof.:** Ia até te perguntar qual ou quais conceitos que você achou mais difícil no curso de modelagem até o momento?

**E13B:** São os Is e os Ps.

**Prof.:** Os Ps, você achou o Ps difícil?

**E13B:** Sim, assim no começo mas agora eu consigo entender que eles são o mais e menos do LS2.

**Prof.:** E tem outro conceito difícil que você acha?

**E13B:** ...tem, a retroalimentação.

**Prof.:** certo. Você sabe o que significa o I?

**E13B:** O I ele vai mostrar o processo.

**Prof.:** Ah certo. Então ele vai representar esse processo, muito bom. E o P?

**E13B:** O P ele já vai dizer por exemplo, se eu tenho algo, o P vai dizer se essa coisa vai aumentar ou se vai diminuir.

**Prof.:** Ok, agora outra pergunta. Nós tivemos atividade de modelagem no *Dyna* físico e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil? E por quê?

**E13B:** Eu achei o *Dyna web* bem mais simples por conta que também tem em português então você consegue entender o que está acontecendo e também algumas coisas é mais fácil, você só clica e a interatividade é melhor, você clica e consegue fazer por exemplo não precisa segurar o shift para fazer uma configuração entre duas entidades.

**Prof.:** Ah certo, entendi. Se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem, você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto E13B?

**E13B:** Sim, em relação aos horários. Eu acho que poderia ser um pouco mais cedo por conta até do meu problema que eu disse, isso de que às vezes eu tive que ficar até às 19hrs. E em relação ao curso, eu acho que não tem nada a melhorar.

**Prof.:** Entendi, perfeito. Ótimo. E se a gente fosse ofertar uma nova edição do projeto, avançar um pouco mais na modelagem. Você gostaria de participar?

**E13B:** Sim, porque como eu disse no primeiro dia que teve, eu já instalei o *DynaLearn* no meu computador e já comeci a fazer alguns modelos e eu vi grande diferença porque no começo eu não entendia como você conseguia interpretar aquilo. E hoje eu não vejo como se interpreta e isso tendo no meu dia-a-dia para estudo, por exemplo química, biologia eu uso muito.

**Prof.:** Muito bom E13B. Você percebeu alguma diferença em sua visão de mundo após o início do curso de modelagem?

**E13B:** Sim, eu acho que ajudou muito nos meus estudos e também no meu conhecimento.

**Prof.:** Perfeito.

**E13B:** Sabe eu aprendi um pouco mais.

**Prof.:** Aham e você consegue reconhecer processos no mundo real?

**E13B:** Sim, dependendo...

**Prof.:** Conseguiria me citar algum exemplo?

**E13B:** Por exemplo os processos que acontecem com a água na natureza.

**Prof.:** Continua...

**E13B:** A transformação dos estados físicos da água são processos.

**Prof.:** Ah, então é a transformação. Então me fala um exemplo

**E13B:** a Evaporação.

**Prof.:** Agora outro.

**E13B:** Condensação.

**Prof.:** Condensação. é um outro processo. Muito bem E13B. E você consegue reconhecer processos nos diferentes conteúdos trabalhados aqui na escola nas disciplinas?

**E13B:** sim, em química, com as transformações da água.

**Prof.:** Poderia citar alguns exemplos?

**E13B:** A fusão, a condensação.

**Prof.:** Muito bem, isso. E13B, muito obrigado está ótimo.

### Entrevista com a estudante E16B

**Prof.:** E16B, o que você mais gostou até o momento?

**E16B:** Gostei de fazer modelos, gosto mais da prática.

**Prof.:** E E16B o que você não gostou da aula de modelagem e por quê? Até o momento... Tem alguma coisa que você não goste ou não gostou... Ou não?

**E16B:** Não...

**Prof.:** Por enquanto...?

**E16B:** Por enquanto eu estou ok.

**Prof.:** Qual é a sua opinião sobre os modelos feitos em LS1?

**E16B:** Em LS1...? são somente os mapas conceituais mesmo.

**Prof.:** Isso. E o que você acha? Você gosta de fazer mapas? Você achou difícil, fácil...?

**E16B:** Achei fácil.

**Prof.:** E quais foram as diferenças que você observou entre o LS1 e o LS2?

**E16B:** Que o LS2 trazia mais conteúdo que no LS1.

**Prof.:** Por exemplo, você lembra de alguma coisa que você faz no LS2 que você não faz no LS1?

**E16B:** Tem as influências de mais e menos.

**Prof.:** e tem mais alguma coisa?

**E16B:** sim, as entidade, quantidades, entidades, e aí já tem simulações no LS2.

**Prof.:** E entre o LS2 e o LS3, você notou alguma diferença significativa?

**E16B:** Sim, adicionava conteúdo novo, como as magnitudes.

**Prof.:** Muito bem, e entre o LS3 e o LS4, você notou alguma diferença significativa?

**E16B:** Sim, os Ps e os Is.

**Prof.:** Os Is e os Ps. E qual é a sua opinião sobre os modelos feitos em LS4?

**E16B:** eu gosto do LS4, não é tão difícil.

**Prof.:** Entendi. E em qual nível de complexidade o LS1, LS2, LS3 ou o LS4 é possível representar o conhecimento de forma mais realista? E por quê?

**E16B:** O LS4

**Prof.:** E por quê?

**E16B:** Porque ele tem muito mais coisas, os Ps, os Is, e as retroalimentações.

**Prof.:** E o que você representa no LS4 que você não representa nos outros?

**E16B:** Os processos.

**Prof.:** E quais conceitos que você achou mais difícil no curso de modelagem?

**E16B:** é... os Is e os Ps...

**Prof.:** Teria algum outro conceito que você achou difícil na modelagem?

**E16B:** Retroalimentação.

**Prof.:** Você lembra dos dois tipos de retroalimentação que a gente tem?

**E16B:** A balanceadora e a outra eu esqueci.

**Prof.:** é a reforçadora.

**E16B:** Isso, é a reforçadora.

**Prof.:** No LS4 utilizamos os Is e os Ps. Qual desses dois conceitos você achou mais difícil?

**E16B:** os Is.

**Prof.:** E por que?

**E16B:** Porque os Ps é a mesma coisa que o mais e o menos.

**Prof.:** Muito bem. E você saberia me dizer o que significa o I?

**E16B:** é quando você tem taxas.

**Prof.:** muito bem. E você lembra o que é taxa?

**E16B:** Sim, é um fluxo que é relacionado ao tempo.

**Prof.:** Ah muito bem. Nós tivemos atividades no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil?

**E16B:** O *Dyna web*.

**Prof.:** Por quê?

**E16B:** Porque ele tem mais opções.

**Prof.:** Quais opções?

**E16B:** A gente pode ter o grafo junto com o cenário e os valores.

**Prof.:** e o que mais?

**E16B:** A gente pode acessar o modelo em qualquer lugar.

**Prof.:** hum...

**E16B:** e também ele salvo sozinho.

**Prof.:** ah, salva automático. Se fôssemos propor uma nova edição do curso de modelagem você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E16B:** eu acho bom da forma que está, tipo o turno da tarde é melhor.

**Prof.:** Então você acha, tudo bem. E uma nova edição, se na modelagem avançássemos um pouco mais, você gostaria de participar ou não?

**E16B:** Eu gostaria.

**Prof.:** Ah então tá bom. No seu dia-a-dia, você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo após o curso de modelagem? Sua visão de mundo mudou alguma coisa... ou ainda não?

**E16B:** Algumas coisas mudaram.

**Prof.:** E você consegue reconhecer processos no mundo real? Por exemplo, quando você está andando, você consegue reconhecer algum processo na natureza?

**E16B:** Sim

**Prof.:** Por exemplo?

**E16B:** O descarte de lixo na rua.

**Prof.:** Certo. E você consegue reconhecer processos nos diferentes conteúdos trabalhados aqui na escola, nas disciplinas? Por exemplo, em biologia, em geografia, química, física.

**E16B:** Sim.

**Prof.:** Por exemplo.

**E16B:** Em Ciências

**Prof.:** Você lembra de algum conteúdo que você via que tinha algum processo

**E16B:** Sim, por exemplo os processos do meio ambiente, por exemplo desmatamento, a chuva ácida, a emigração e a imigração... mais aí esses já é Geografia né?.

**Prof.:** Mas, vamos lá, o que é um processo?

**E16B:** tudo que causa mudanças no sistema.

**Prof.:** Isso, são mecanismos que iniciam as mudanças no sistema. Fale outros exemplos.

**E16B:** Por exemplo, na química a gente viu a evaporação, a condensação, a precipitação.

**Prof.:** Muito bem e você saberia me dizer algum outro exemplo de processo?

**E16B:** Processo de movimentação das placas que a gente viu em geociências.

**Prof.:** Das placas?

**E16B:** Sim.

**Prof.:** Por exemplo?

**E16B:** Das placas tectônicas. As placas tectônicas podem movimentar, causando muitas mudanças na natureza, na terra, no solo.

**Prof.:** Ah legal, E16B. Muito bom. E16B, então está ótimo.

### Entrevista com a estudante E11B

**Prof.:** Muito bem E11B sobre o curso de modelagem qualitativa, o que você mais gostou até o momento?

**E11B:** De fazer as simulações.

**Prof.:** Ah certo e o que você não gostou no curso de modelagem?

**E11B:** Nada, eu gostei do curso.

**Prof.:** Entendi e quais as diferenças que você observou entre o LS1 e o LS2?

**E11B:** O LS1 só tem mapas conceituais né? Já o LS2 ele já faz simulações, tem o mais e o menos, já tem as derivadas.

**Prof.:** Isso mesmo. Você notou diferença significativas entre o LS3 e o LS4.

**E11B:** O LS4 tem processos.

**Prof.:** ah certo. E que você tinha no LS3 que não tinha no LS2?

**E11B:** as influências.

**Prof.:** É, magnitudes você não tinha no LS2. E qual é a sua opinião sobre os modelos feitos em LS4?

**E11B:** São mais completos.

**Prof.:** Mais completos

**E11B:** Mais complexos e é o que chega mais perto daquilo que acontece na realidade.

**Prof.:** Tá certo e por que você acha que chega mais perto da realidade?

**E11B:** Por que é mais completa dos outros LSs, a gente já mostra processos.

**Prof.:** E que mais?

**E11B:** Tem as influências Is e Ps.

**Prof.:** Certo e qual conceito que você achou mais difícil no curso de modelagem

**E11B:** é os Is e os Ps, mas é coisa de se prestar atenção consegue aprender

**Prof.:** E que mais?

**E11B:** E retroalimentação também

**Prof.:** E aí você também teve dificuldade?

**E11B:** Sim, mas é só questão de prestar atenção que já consegue entender.

**Prof.:** Ok. No LS4 utilizamos os Is e os Ps. Qual desses conceitos você achou mais difícil?

**E11B:** eu achei o I é mais difícil.

**Prof.:** Você sabe diferenciar o I e o P?

**E11B:** Sim o I é para taxas e o P, o P+ ele continua na mesma direção, já o P- , é o oposto.

**Prof.:** E o que significa quando colocamos um I+ ou I- entre uma taxa e a variável de estado, saberia dizer?

**E11B:** sei. O I+, tipo, adiciona valores no estoque, e o I- retira valores do estoque.

**Prof.:** muito bem. E o que é a retroalimentação?

**E11B:** é um mecanismo que pode balancear para controlar um sistema, ou reforçar o que tá acontecendo com o processo.

**Prof.:** Certo. Nós temos atividades de modelagem no *Dyna* física e no *Dyna web*. Qual das duas versões você achou mais fácil?

**E11B:** O mais fácil é o *Dyna web*.

**Prof.:** Por quê?

**E11B:** Por que não precisa de apertar shift para colocar as configurações, as quantidades, ele salva automático e a gente não perde o modelo.

**Prof.:** Bom, e se fôssemos propor uma nova edição para o curso de modelagem você teria alguma sugestão para melhorarmos o projeto?

**E11B:** Sim, a carga horária.

**Prof.:** Certo.

**E11B:** Preparar bem e tal mas é por causa que a nossa teve dificuldade por causa da escola mesmo.

**Prof.:** Entendi. Acha que teria ter maior carga horária ou menor carga horária?

**E11B:** maior, porque o curso é interessante e ajuda nas outras matérias.

**Prof.:** Maior. E no seu dia a dia, em uma nova edição você gostaria de participar?

**E11B:** Sim.

**Prof.:** E no seu dia- dia você percebeu alguma diferença na sua visão de mundo?

**E11B:** Sim

**Prof.:** Por exemplo, você conseguiria reconhecer processos no mundo real?

**E11B:** Sim

**Prof.:** Poderia citar alguns exemplos?

**E11B:** descarte de lixo nos lagos, remoção de poluentes.

**Prof.:** Ah certo. E você consegue reconhecer processos no diferentes conteúdos trabalhados na escola ou ainda não? Por exemplo, nas aulas de biologia, de geografia, física, química...você já reconhece algum processo?

**E11B:** Sim

**Prof.:** cite alguns exemplos.

**E11B:** na Química, por exemplo as transformações da água, tipo a condensação, evaporação. Na biologia, o crescimento dos animais.

**Prof.:** Ah muito bem. Que mais, na geografia por exemplo

**E11B:** Erosão do solo.

**Prof.:** Ah certo. Muito bem E11B, muito obrigado. Excelente.



## APÊNDICE G – TRANSCRIÇÕES DOS GRUPOS DE DISCUSSÃO

### TURMA A

**Prof.:** Então vamos lá. Eu dividi o nosso grupo de discussão em sete blocos. O Primeiro bloco é uma pergunta inicial, e eu gostaria que vocês falassem um pouco sobre o nosso curso.

**E14A:** Eu gostei muito porque deu para perceber como as coisas funcionam, como as coisas funcionam num sistema, como algo vai influenciar em algo... como você chega em um determinado resultado através de coisas que aconteceram anteriormente. Por exemplo, pra acontecer a chuva, a inundação no RJ. Pelos modelos que a gente fez, acontece um choque entre a massa de ar quente e a massa de ar frio que vai causar uma taxa de variação de energia, que vai gerar grande quantidade de água líquida e vai resultar na taxa de precipitação, que gera consequências nas cidades.

**E3A:** eu gostei de construir os modelos, trabalhar com as simulações é porque ajuda a entender muito melhor as outras matérias, por exemplo, hoje nós estávamos apresentando mais cedo os trabalhos de geografia. Aí o professor chegou e perguntou "vocês conseguiram entender melhor o ciclo de evaporação?" E sim, a gente aprende melhor, são processos que explicam os sistemas. Aqui você aprende mesmo, pois é uma coisa da realidade e dessa vez você aprende mesmo o fato.

**Prof.:** Uhum.

**E11A:** E também é bom mostrar para as outras pessoas o que está acontecendo e fazer elas entenderem aquilo, e mostrar também outros pontos de vistas tipo, as consequências, o que levou aquilo acontecer.

**E21A:** A gente tem mais facilidade devido à lógica que o modelo ajuda a gente desenvolver. A gente consegue assimilar certos pontos do que quando um professor está explicando. A gente consegue ver fisicamente um sistema e por meio da lógica, a gente consegue ver o que está acontecendo. Por exemplo, se a água esquentar, aí ela vai evaporar, ou seja é um processo.

**Prof.:** Uhum.

**E6A:** Tipo o modelo de solidificação, que a água é líquida. A gente vê a água passando pelas etapas até virar gelo. A gente consegue ver isso acontecendo... tipo, a gente seleciona a trajetória e consegue ver as coisas que podem acontecer.

**E21A:** Não é decoreba.

**E6A:** Exatamente.

**Prof.:** E o quê mais pessoal?

**E11A:** Principalmente molda a realidade, acho que é isso, um dos principais pontos bons da modelagem.

**E6A:** no começo é confuso, mas se você pega desde o início como a gente aprendeu, a gente entende bem mais... principalmente os últimos modelos que a gente fez, foram os que mais conseguimos entender, justamente pela realidade que ele agrega.

**E3A:** É, foi aos poucos mesmo. Igual primeiro aprendemos às entidades, depois as configurações, quantidades, as influências. Às vezes eu até entrava no *DynaLearn* físico. E mesmo no começo eu ia lá e já fuçava nos outros LS, tipo o LS4. Aí eu ficava "o que está acontecendo aqui? Será que eu vou conseguir aprender isso?", e daí a gente foi aprendendo até chegar no LS4...

**E3A:** E ver que não é complicado, completamente entendível assim, se você prestar atenção, se você não faltar muitas aulas obviamente... se você se dedicar, dá pra entender tranquilamente.

**E21A:** Você aprende, não decora. E é muito incrível porque nas disciplinas português, geografia, matemática você decora demais...

**E3A:** ...é tipo, a gente não sabe o que acontece, o porquê que acontece...

**Prof.:** Uhum. maravilha. E turma, por exemplo, o que vocês gostaram e não gostaram? **E5A:** Tipo, o que eu gostei...?

**Prof.:** Isso.

**E5A:** como os meus colegas apresentaram sobre os pontos positivos e eu concordo. O *DynaLearn* conseguiu com que muita gente tivesse uma visão sistêmica e isso ajuda muito a gente compreender as outras matérias do ensino médio.

**Prof.:** Entendi. Pessoal e vocês, o que gostaram o que não gostaram?

**E11A:** Eu gostei mais de construir modelos principalmente no *Dyna web* porque o outro é muito complexo. Por exemplo, na aula a gente tinha muita dificuldade e eu via algumas pessoas tendo dificuldade de "Ah tipo, como é que faz pra fazer tal coisa?"... E já no *Dyna web* não é assim.

**E21A:** É bem mais simples, no que a gente clica, já tinha o nome de uma entidade, a gente tinha configuração, a gente tinha tudo prontinho enquanto que no *DynaLearn* físico a gente tinha que ficar clicando o "shift", ficar clicando um monte de coisa.

**E11A:** E o web também já salva na nuvem.

**Prof.:** Ah entendi...

**E3A:** É, aí você não tem risco de perder. Eu já perdi um modelo maravilhoso que eu tinha feito e eu perdi porque a menina apertou no "esc" do meu computador e fechou meu modelo... e eu tive que refazer tudo.

**Prof.:** Nossa...

**E6A:** E tipo no *Dyna web*, você só tem que clicar na quantidade ou nas entidades e já fazer o que precisa.

**E5A:** também acho que outra questão que pode ser aprimorada é a questão de compatibilidade entre o software físico e o web. Que se você tem os dois ali e são para o mesmo fim, eu acho que seria legal ter uma compatibilidade. Por exemplo, exportar um modelo do físico para o web, do web para o físico...

**E11A:** Tipo poderia ter um aprimoramento no físico. Tornaria tudo mais simples.

**E5A:** uma coisa que eu prefiro no web são as variáveis exógenas...

**E6A:** e outra coisa quando você coloca a trajetória no web você vê o cenário junto. E tipo no físico, quando você vai ver a trajetória ou histórico de valores, não aparece junto com o cenário, então você fica tipo "ué, e qual que tá ligado com qual?" e você esquece mais ou menos o cenário. Mas eu vejo que os dois têm seus pontos positivos e seus pontos negativos.

**Prof.:** Entendi. E agora pessoal, sobre os níveis de aprendizagem do *DynaLearn*. Como foi a sua experiência ao modelar no LS1, no LS2, LS3 e LS4?

**E11A:** É no LS 4 que foi mais possível entender todos os outros, porque abrangeu tudo que a gente tinha aprendido e todos de forma mais simples e mais fácil por ser também muito parecido com a realidade.

**E3A:** É uma escadinha né? tipo, você vai do mapa conceitual e vai caminhando de pouquinho até chegar no LS4. E por exemplo, na primeira vez que você foi apresentar na sala né, para ver quem realmente queria participar e a gente ficou tipo "como que a gente vai conseguir fazer isso?" Mas não, quando você segue essa escadinha bonitinho, prestou atenção e conseguiu acompanhar bem, você vê que é simples, não tem dificuldade em você ficar "meu Deus, eu não sei como fazer isso, eu não vou conseguir concluir o curso porque não sei fazer isso" mas é tranquilo.

**E14A:** Por exemplo eu aprendendo determinado conceito do LS2, e tipo você entender o LS4 que é muito mais avançado, automaticamente você já aprendeu a como lidar com o LS2, então você evolui até chegar num modelo mais complexo.

**Prof.:** Mais alguém? E pessoal vocês acham que é necessário passar de forma lenta por esse níveis de complexidade ou a gente poderia passar mais rápido, por exemplo pelo 1, 2, 3 e já chega direto no 4?

**E6A:** eu acho que é necessário porque... A gente está falando do LS4 foi fácil para a gente pegar, mas é porque teve o passo a passo. A gente pegou primeiro as entidades, as configurações e foi com o tempo foi aprendendo os outros. Então eu acho que se a gente fosse direto para o LS4, muita gente poderia ficar perdida e já não conseguiria avançar, e até desistiria do curso... acho que ficaria complicado assim.

**E21A:** uma coisa boa de você passar devagar é que tem pessoa que não aprende muito rápido. Por exemplo, eu posso não ter entendido no 2 mas quando eu tiver no 3, eu vou ter entendido o que eu não tinha entendido no 2. Então é necessário passar mesmo que demore mais.

**E3A:** sim. Vamos supor, que em uma turma de 30 alunos, 29 deles são muito bons e pegam as coisas rápido mas tem um aluno que não. E você vai deixar uma pessoa pra trás por causa de 28? Não. Tem muito mais empatia ajudar aquela pessoa que tem dificuldade... então é muito interessante você passar por todos os níveis e "ah mas mapa conceitual, não precisa disso" mas precisa porque você já aprimora o conceito que você tinha antes do curso, você ajuda pessoas que não sabem fazer e pessoas que não têm essa visão ainda... então é muito importante.

**Prof.:** Uhum. Mais alguém?

**E5A:** concordo, precisa ter essa base no aprendizado. Não tem como você ir direto para o LS4 não porque vai ser muito complicado você ver os conceitos de quando você aprendeu devagarinho, de como funciona cada um

**E11A:** tipo assim, se você passa muito rápido pelo LS1, 2,3 daí quando você chega no 4 pode te gerar muitas dúvidas de coisas assim, muito simples de que você poderia ter aprendido no 1, no 2 e no 3 e você vai ter dúvida no 4. E isso demoraria muito mais.

**Prof.:** Pessoal e o que tem no LS4 que não tem no LS3 ou que tem no LS3 e não tem no LS2 por exemplo?

**E3A:** taxas por exemplo, processos, só tem no LS4.

**E14A:** retroalimentação.

**E6A:** Isso, no LS3 a gente já começa a ter uma visão sistêmica.

**E21A:** e no LS4 a diferença é justamente devido os processos reais.

**E3A:** no LS3 tem magnitudes, aquele grafo de estados, temos o histórico de valores.

**Prof.:** E o que você tem no LS2 que não tem no LS1?

**E21A:** já pode ter quantidades e entidades.

**E5A:** as simulações.

**E3A:** configuração que a gente não tinha antes...

**E14A:** nos primeiros modelos que a gente fez no LS1, ficou mesmo apenas um mapa... e, por exemplo, no LS2 foi muito mais fácil que você já tinha as quantidades de temperatura que explicavam como ia ser a integração da molécula da água. Então você conseguia ter as simulações, tornando mais real.

**Prof.:** Mais alguém? Como foi sua experiência ao representar fenômenos do mundo real utilizando, entidades, quantidades, taxas, histórico, influências e outros elementos da linguagem de modelagem?

**E11A:** Essas ferramentas ajuda a ter o pensamento mais crítico. Você vê aquilo lá expressado no modelo, e tem mais possibilidades de entender.

**E6A:** e quando você entende do assunto, você pode falar o que poderia melhorar para resolver o problema ou o que causa esse problema.

**E3A:** hoje a gente tava apresentando para o professor de geografia né? e eu tinha dois modelos e um deles era descolamento de sedimento que causam enchentes, e uma menina do terceiro ano perguntou pra gente "mas e o que vocês acham das enchentes que a gente tem?" Então, o modelo permite a gente ter uma visão de todos os assuntos, da gente aprofundar mais sobre aquilo que influencia as coisas. E outra coisa, não é um estudo cansativo porque primeiro você entende, você tenta entender, você se diverte fazendo, você aprende mais e ainda por cima você cria uma opinião.

**E14A:** isso, não é algo enjoativo.

**E6A:** isso, e geralmente quando a gente fica sabendo mais dessas coisas é por meio de notícias. Não é vendo as causas, o que poderia melhorar e daí que a gente não sabe o que causou e tudo mais.

**E21A:** é mais próximo do que a gente tá vivendo e a gente tem um pouco de noção do que acontece. Quando a gente pega o modelo, a gente já entende olhando o modelo porque a gente já vive isso. Aí a gente tem um pouco de facilidade.

**Prof.:** certo. Pessoal e vocês poderiam falar um pouco sobre a construção e simulação de modelos no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*?

**E11A:** então, como eu já até tinha dito antes né, eu acho muito mais fácil no *Dyna web* por ele ser mais simples...

**E6A:** e já te dá várias coisas prontas

**E11A:** sim, por exemplo não tenho que ficar criando muita coisa pra criar uma certa entidade, certa configuração...

**E21A:** magnitude...

**E3A:** E magnitude no *Dyna web* você já bem os tracinhos né no lado você só escreve o nome dela. Por exemplo, grande médio e pequeno, você só escreve.

**E21A:** e se tem ponto, se tem intervalo, é bem fácil.

**E3A:** já no *Dyna* físico se for, por exemplo, uma entidade que não tem as configurações pré-definidas do valor físico, você tem criar uma o que dá mais trabalho.

**E21A:** e se tiver uma parecida não dá certo, não roda. O nome tem que ser diferente.

**E3A:** então assim, ir no *Dyna web* que já te dá tudo pronto, é mais fácil...

**Rento:** tem que prestar bastante atenção na hora de escolher um ponto e um intervalo porque pode confundir, mas é fácil.

**E5A:** e essa questão do *Dyna web* ser mais simplificado, ser mais prático de você acessar de qualquer lugar, é mais acessível. E uma coisa importante pra destacar no web e no físico é que pra quem está começando, pra quem não tem instrução, um instrutor para te instruir, o web seria melhor porque te dá mais informação.

**E3A:** ele te dá as instruções, mostra os desenhinhos, e daí você consegue ver e entende o quê é. É fácil, clica na entidade ou configuração e já insere o nome, ou na quantidade e já coloca a influência.

**Prof.:** E pessoal, o *DynaLearn* físico está todo inglês a plataforma e o web já está em português. Vocês vêm diferença nisso ou não?

**Estudantes no geral:** não.

**E14A:** para a gente que conhece os significados, não faz muita diferença não porque você já aprendeu o que cada coisa é. Então você sabe o que é.

**E21A:** o ideal seria em português porque é mais fácil.

**E3A:** então o ideal seria o *Dyna* físico em português.

**E6A:** na verdade seria bom os dois terem essa opção, tendo também no físico o português porque quando a pessoa está pegando e ela não tem o básico do inglês, ela não entende o que está escrito tipo entidade, quantidade...

**E11A:** então tipo como eu já tinha falado então, é legal aprimorar o *DynaLearn* físico.

**Prof.:** Sim, entendi. Pessoal e vocês aprenderam em inglês, vocês acham que isso dificultou um pouco...?

**Estudantes no geral:** não...

**E5A:** se for parar pra pensar, todos os softwares mais avançados são em inglês. Então o inglês acaba sendo uma língua mais universal. Então é bom você pegar o software assim no inglês até pra treinar também.

**E14A:** porque ele vai estar disponível em qualquer local do mundo. Por exemplo, se você pegar um software em inglês você pode utilizar no Canadá, na China...

**E6A:** é, o ideal é que se não tiver a opção de colocar em muitas línguas, o ideal seria em inglês por ser internacional e que você encontra em todos lugares pelo menos uma pessoa falando em inglês.

**Prof.:** E vocês aprenderam em inglês, no software em Inglês. E vocês tiveram dificuldade por isso?

**Estudantes no geral:** ah não.

**E3A:** a gente tem uma base do inglês né.

**E6A:** agora para aquela pessoa que não tem o básico do inglês e que vai aprender a usar o software sozinha sem o instrutor, será um pouco mais difícil pra ela porque não tem ninguém falando para ela o que significa tal coisa em português.

**E11A:** sim e o que pode até levar ao desinteresse da pessoa nesse caso também.

**E3A:** eu acho interessante a opção de escolha né, mas como a gente sabe que não é uma realidade, então o inglês é bom. Ele é uma língua universal.

**Prof.:** Perfeito pessoal. O que você pensa de usar o *DynaLearn* nas disciplinas escolares? E18A tem falado pouco. O que você acha?

**E18A:** eu acho que seria legal, porque usando o LS4 a gente ia saber por exemplo em química, os processos de cada transformação. Seria legal.

**E11A:** na realidade a gente aprende mais né, é como nos processos do ciclo da água, a gente entende mais por ser uma coisa que se aproxima mais da nossa realidade. Então para às matérias de ciências da natureza ia ser algo bem interessante, e até para matérias de matemática e essas coisas, porque a gente trabalhou com parte financeira, trabalhou com números, sem trabalhar com números.

**E18A:** a gente trabalhou com valores sem Algarismos.

**Prof.:** E que mais que vocês acham?

**E14A:** seria bom se disponibilizasse essa tecnologia para todo mundo assim no início que está aprendendo ciências, no caso geografia, química.

**E21A:** seria muito bom.

**E21A:** ajudaria muito as pessoas que têm dificuldade para pegar alguma matéria, assim seria muito fácil.

**E6A:** e a gente pode compartilhar um com os outros. E fica mais tranquilo de entender que tem a diferença tipo, quando eu faço o mapa mental, eu estudei e fiz aquilo pra eu entender, mas às vezes eu passo para a E21A e ela não entende.

**E21A:** aí a gente padroniza.

**E6A:** aí gente passa para o *DynaLearn* e cada um entende

**Prof.:** Cada um fazer o seu?

**Alguns alunos:** sim.

**Prof.:** Mais alguém?

**E5A:** eu acho muito bom usar nas disciplinas escolares justamente porque você consegue ter uma visualização melhor das matérias e você também consegue ver a aplicação delas.

**Prof.:** Uhum.

**E14A:** eu concordo, por exemplo, você está estudando geografia e você consegue fazer o modelo passo a passo de como ocorre a erosão e o que cada elemento influencia.

**Prof.:** Muito bem. Pessoal fale um pouco sobre o ciclo da água como um sistema dinâmico.

**E14A:** no caso podemos pensar nos objetos do sistema que interagem entre si, por exemplo, a atmosfera e o solo. A água sai do solo e depois ela vai voltar para a atmosfera, e tem também mecanismos de retroalimentação.

**E5A:** eu acho que é um sistema dinâmico justamente porque cada quantidade tem ligações entre si e mostram o que realmente está acontecendo no sistema. Então as quantidades de determinadas entidades influenciam outras quantidades. E isso a gente pode ver no mundo real, que ocorre na natureza. É a lei de Lavoisier, de que nada se cria, tudo se transforma. Então é justamente isso. Porque a precipitação tem uma causa, tem um motivo então ela vai originar outras consequências. Então a gente pode entender que é um sistema dinâmico.

**E3A:** além de deslocar outros modelos, e os modelos deles tem ligações entre si. A evaporação vai ter um motivo, vai ter uma consequência que vai gerar outro processo também dentro desse processo do ciclo da água. Então além dele ser muito dinâmico dentro um único modelo só, ele é dinâmico dentro de todos os modelos do sistema do ciclo da água.

**E11A:** dá pra interligar tudo e não só interligar todos os dados, dá para tipo assim... o ar também, o oxigênio das plantas, dá temperatura, espaço populacional...

**E21A:** mas tipo, tudo hoje é ligado à água, tudo precisa de água.

**Prof.:** Uhum. E pessoal, vocês conseguiriam falar exemplos de alguns processos do mundo real?

**E6A:** solidificação...

**E21A:** condensação...

**E3A:** evaporação ...

**E14A:** Dinâmica de população...

**E21A:** ebulição...

**Prof.:** Certo. E como você representa processos no modelo qualitativo?

**E21A:** com o I.

**E6A:** com taxas.

**Prof.:** Isso.

**E21A:** com os Is saindo das taxas.

**Prof.:** E o que são os Is?

**E21A:** são influências. O I+ ta acrescentando no estoque e o I- ta retirando.

**Prof.:** Retirando o que?

**Alguns alunos:** valores

**E14A:** e se você colocar o I vai alterar na magnitude, se você colocar o P vai alterar na derivada.

**Prof.:** Então qual que é a diferença pessoal entre os Is e os Ps?

**E14A:** o I adiciona ou retira valor e o P procede comportamento,...

**E3A:** o I é usado para taxa e o P...

**E14A:** o P procede o comportamento para as outras quantidades.

**E18A:** e usa o P também para mostrar a retroalimentação.

**E3A:** é no caso o P também faz a retroalimentação né, balanceadora ou reforçadora.

**Prof.:** Muito bem. E falando da retroalimentação, vocês saberiam me identificar ou me falar como essas retroalimentações atuam no ciclo da água?

**E3A:** Ah eu lembro que tinha no modelo mas eu não me lembro assim em quais quantidades elas atuavam...

**E5A:** ele devolve os efeitos para as taxa do ciclo da água.

**Prof.:** Pessoal e o que é uma retroalimentação?

**E6A:** quando você tem o I que representa as taxas no processo, e aí você quer controlar o sistema. Aí você coloca um P como sinal oposto se for balanceadora ou um P com mesmo sinal se for reforçadora.

**E14A:** aí você vai fazer um ciclo, que vai devolver o efeito iniciado pelo processo. Porque tudo na natureza, nada é infinito; as coisas se esgotam e precisam de outras fontes para buscar a estabilização.

**E6A:** se a gente tiver um I+ representando uma taxa, você vai colocar um P- para ser uma retroalimentação. Então assim seria uma retroalimentação balanceadora.

**Prof.:** Uhum. E quantos tipos de retroalimentação nós temos?

**E3A:** dois.

**Estudantes no geral:** balanceadora e reforçadora.

**Prof.:** E qual é a diferença das duas?

**E11A:** a balanceadora é para tipo balancear, vai chegar uma hora que vai estabilizar. E já a reforçadora ela vai reforçar mais e mais.

**E21A:** a balanceadora estabiliza o sistema.

**E14A:** por exemplo, você tá enchendo um tanque de água. Daí chega a uma hora que o recipiente não vai suportar mais. Aí entra essa retroalimentação balanceadora para parar de sair água.

**Prof.:** E agora terminamos o seis blocos temáticos que eu queria discutir com vocês. E o último bloco é para que vocês falem sobre algum assunto que ainda não conversamos?

**E21A:** eu queria a continuação do *DynaLearn*.

**E14A:** LS6

**E5A:** fazer pelo menos alguns modelos, alguns vídeos...

**Prof.:** Olha, uns vídeos. Imagina como um trabalho final, os estudantes fazerem um vídeo...?

**E6A:** Isso, podemos fazer uns vídeos de como usar o *DynaLearn*.

**E21A:** seria legal tipo, apresentando para a comunidade.

**E11A:** a expansão também do trabalho tipo, como a gente fez aqui, que a gente mostrava o que a gente estava fazendo para outras pessoas, a gente poderia mostrar para outros colégios.

**E3A:** e também mostrar para outras turmas. Porque em outras turmas ficaram bem interessados no projeto, tipo os segundos e terceiros anos...

**E14A:** igual Paulo Vitor, abriu o canal no *DynaLearn* na internet e vi que tem 22 vídeos, por exemplo, nós alunos estamos aprendendo os conceitos por nós mesmos. Daí poderíamos fazer em português, explicativo, para ser postado no mesmo canal.

**Prof.:** Olha, que legal.

**E21A:** seria bem legal porque assim, teriam mais facilidade para aprender tanto o *Dyna web* quanto o *Dyna físico* que é em inglês. Aí a gente faria os vídeos em português. Nem precisaria do instrutor.

**Prof.:** Uhum. Então pessoal à ideia é que a gente chegasse no LS4 e agora nós temos algumas possibilidades que eu vou conversar com meus professores. Nós somos uma equipe que trabalha junto. Então tem a possibilidade de continuarmos fazendo aqui em outro momento uma modelagem mais avançada no LS5 e LS6 por exemplo. Se a gente optasse por isso, possivelmente a gente iria fazer só uma turma de quem já conhece o *Dyna*.

**E14A:** quem completou o primeiro curso.

**Prof.:** É, quem completou o primeiro curso. E se fizesse uma segunda turma mesmo, vocês avançariam um pouco mais na modelagem?

**Alunos no geral:** sim, com certeza.

**E3A:** a gente até pensou assim, como nós já tem uma base... se a gente não poderia ser monitor de quem ainda não fez... então ajudar você, e você não precisaria ter uma carga de tantos alunos assim.

**Prof.:** Isso, é uma boa ideia.

**E11A:** então podemos expandir para outras escolas. E por exemplo a gente poderia auxiliar nesse trabalho. Seria bom.

**Estudantes no geral:** sim...

**Prof.:** Muito bem pessoal, agora sobre os próximos passos eu vou discutir com meus orientadores para a gente ver o que a gente organiza tá? Então, muito obrigado. Encerramos nossa discussão por aqui e tem mais alguma coisa que vocês gostariam de falar?

**E21A:** eu amei demais fazer esse curso.

**Prof.:** que maravilha. Então pessoal, dou por encerrado a nossa discussão.

## TURMA B

**Prof.:** Pessoal, então vamos lá. Bem, eu dividi o nosso debate aqui em sete blocos temáticos. E o primeiro deles eu vou colocar uma pergunta inicial, que é sobre um aspecto mais geral do nosso curso. Vocês poderiam falar um pouco sobre o nosso curso?

**E11B:** Eu gostei muito. Achei legal, interessante e diferente. Eu nunca tinha visto uma coisa igual.

**E13B:** E tipo o curso ajudou muito... eu não sei vocês, mas ele me ajudou muito na parte dos estudos por exemplo eu utilizei muito para estudar os processos de química, fiz alguns modelos que tem no ciclo na água. É que nem eu estava te falando naquele dia da entrevista, pra você conseguir aprender tudo o que o *Dyna* gera, você tem que fazer o curso. A gente explicou para algumas pessoas na apresentação hoje, mas se a gente não tivesse explicado era difícil para elas entenderem os modelos apenas olhando. Então é muito bom o curso, você aprende coisas novas, aprende a ter uma visão sistêmica e me ajudou muito nos estudos.

**E2B:** Te estimula pensar mais também né.

**E17B:** É, a questão da visão unilateral que a gente tinha quando começou o curso, e depois foi desenvolvendo a visão sistêmica. Os modelos é uma coisa que ajuda muito. Estava falando na hora da apresentação que quando eu explicava, primeiro eu explicava de um jeito que o pessoal quer entender e depois de uma forma sistêmica, mostrando os processos, por exemplo, da evaporação e a retroalimentação. E depois começava a introduzir de uma forma mais formal, apresentando o modelo pra eles. É uma visão totalmente diferente que se possa ter quando finaliza o curso, então é uma visão que muda desde os primeiros dias até aqui.

**E2B:** Quando ele foi apresentar na sala, ele foi apresentar o modelo e eu não entendi nada, fiquei perdida... e eu achei que nunca ia dar conta de fazer algo assim.

**E10B:** E hoje é uma coisa que a gente achava totalmente difícil e hoje é normal.

**Prof.:** E também possivelmente deve ter algum ponto que vocês não gostaram e que precisa melhorar por exemplo, se fossem algumas sugestões para a gente modificar ou aprimorar no curso, vocês teriam alguma coisa para falar?

**E11B:** eu na minha visão, prefiro de manhã. A tarde fica um pouco difícil até para as outras pessoa que moram em outra cidade. Ter que ficar aqui e às vezes muda alguma coisa...

**E2B:** É cansativo também.

**E17B:** Então é uma questão do horário e não na forma do curso.

**E2B:** É, não é o curso. É o horário do curso.

**Prof.:** E na forma e na estrutura do curso, o que vocês acharam? Alguma sugestão assim que por vezes te incomodou, então vocês sugeririam algo para fazer alguma alteração...

**E11B:** Eu acharia melhor ter maior tempo de curso. Porque igual a gente não conseguiu ver o LS5 e o LS6. E aí ter mais tempo de curso para a gente poder aprender.

**Prof.:** Vocês concordam com ele?

**Alunos em geral:** Concordo.

**E11B:** E também poderia ter uma segunda edição para poder mostrar esses e algo mais.

**E17B:** Algo mais avançado.

**Prof.:** É? E que poderia ser, por exemplo, ser o 5 e o 6...

**Alunos no geral:** Sim.

**Prof.:** E se tivesse uma nova edição, vocês fariam?

**Alunos no geral:** Sim.

**Prof.:** ...por que é pesada a carga horária de vocês né?

**E10B:** Mas dá para conciliar.

**E6B:** é pesado a carga horária da escola, mas quando a gente está aqui, é legal. Não é uma coisa chata de se fazer, a gente conversa e tal...

**E17B:** É uma coisa séria, mas que a gente gosta.

**E10B:** Não é igual a sala de aula.

**E2B:** Na verdade é uma sala de aula mas é uma aula diferente.

**Prof.:** Ah, então tá certo. Pessoal, muito bom. Então vamos prosseguindo o bloco temático, como foi a experiência de vocês ao modelar no LS1, no LS2, no LS3 e no LS4?

**E11B:** A parte que eu mais gostei no curso foi modelar.

**E17B:** As mudanças no Learn spaces é mais para a gente aprender a modelar mesmo, porque começa uma coisa simples, tipo um mapa conceitual, e depois a gente vai aumentando a dificuldade. Você coloca só as relações de conceitos, depois no LS2 já coloca as entidades, coloca as configurações, quantidades, influências, cenário e o negócio ficou pronto. E também no LS2 a gente já começa rodar as simulações. Então tipo, já é um salto enorme pra gente, mas não é uma coisa difícil de aprender no LS2, que quando a gente vai para o LS3, a gente começa a ver os estados, que são os grafos. Isso porque a gente já tem as magnitudes, o que passa a ser uma coisa mais complexa e realista. Começa a ter uma melhor noção do que é. Que nem no LS4 que a gente começa a ter os processos e as retroalimentações.

**E10B:** no LS1 é só mapa conceitual.

**E2B:** no LS2 já tem as simulações, quantidades, entidades e influências. No LS3, as magnitudes.

**E6B:** No LS4 a gente sabe que tem os processos.

**E17B:** A gente passa a ter necessidade dos Is e dos Ps.

**E11B:** No LS4 a gente compreende melhor as coisas.

**Prof.:** E falem um pouco da representação do mundo real nesses níveis de complexidade... a representação do mundo real acontece em qual ou quais desses níveis de complexidade?

**Todos os alunos:** No LS4.

**E13B:** E tipo dá pra comparar com a escola que tipo o LS1 é como se fosse o ensino fundamental, quando você vai começando a compreender as coisas... e o LS4 é o terceiro ano do ensino médio onde você sabe tudo aquilo que você já viu anteriormente e ainda de uma forma mais complexa e com mais detalhes. Então dá pra fazer essa comparação com a vida real com o pessoal da escola.

**Prof.:** Entendi, ótimo. E o que a gente representa no LS4 que a gente não representa nos outros níveis?

**E11B:** Os processos.

**E16B:** A representação real dos processos...

**Prof.:** E o que a gente utiliza para representar esses processos?

**E17B:** As influencias diretas e indiretas.

**Prof.:** Uhum. No LS4, nós só usamos os Is?

**Alunos no geral:** Não.



**E6B:** Tem a parte de retroalimentação também...

**Prof.:** Entendi e vocês saberiam a diferença entre os Is e os Ps?

**Homem:** Sim.

**E2B:** os Ps usa para + e -, e I são para taxas.

**Prof.:** certo. E o que significa o I+?

**E11B:** Adiciona valores no estoque e o I- retira valor do estoque.

**Prof.:** Muito bem. E alguém quer completar alguma coisa?

**E13B:** Por exemplo vou falar dessa questão do P+ e do P-. Você tem que analisar se as quantidades relacionadas vão mudar na mesma direção ou em direção diferente. Se ela for P+, é como se fosse o +, algo vai aumentar e a outra também. Se diminuir, o outro também vai diminuir. E se for P- podemos comparar com o -, uma aumenta e a outra diminui e vice-versa. Então eu gosto de fazer essas associações que até é mais fácil para eu entender o que estou fazendo e também me ajuda bastante.

**Prof.:** pessoal, vocês concordam com ele?

**Alunos no geral:** Sim...

**Prof.:** Então isso que o E13B mencionou se refere aos Ps, certo?

**E11B:** Isso, é dos Ps.

**E6B:** É dos Ps.

**E17B:** Porque ele faz justamente isso, que a gente utiliza os Ps para espalhar, propagar, transferir comportamento no sistema.

**Prof.:** Então vamos lá, o que são os Ps? Vamos comparar duas quantidades.

**E17B:** A gente usa o P no caso mais pra espalhar, propagação de algo que estamos trabalhando...

**Prof.:** Ok, então vamos lá. Se tu tenho duas quantidades conectadas por um P+, o que significa?

**E13B:** Significa que uma vai aumentar e a outra também.

**Prof.:** Ah e se eu tiver um P-?

**E13B:** Uma vai aumentar e a outra diminuir.

**Prof.:** Muito bem. E o grupo concorda que isso é o...?

**Alunos no geral:** o P.

**Prof.:** E o I?

**E2B:** O I é só para taxas, ele representa processos no sistema.

**Prof.:** Para taxas. E o que significa o I+?

**E11B:** Ele éhh, aumenta, adiciona valor no estoque.

**Prof.:** Muito bem. E o I-?

**Alguns alunos:** Diminui valor do estoque.

**Prof.:** Muito bem. Ótimo. Terceiro bloco temático, como foi sua experiência ao representar fenômenos do mundo real utilizando entidades, quantidades, taxas, estoques, influências e outros elementos da linguagem de modelagem?

**E11B:** Foi diferente só que eu nunca tinha visto. Igual, eu antes de fazer o curso, eu não tinha uma visão mais ampla dos fenômenos...

**E6B:** A gente melhora a visão sistêmica.

**E11B:** Antes a gente via as coisas de forma unilateral, e agora não, a gente consegue ver os processos no sistema e as coisas mais relacionadas. Por exemplo, a atmosfera interage com a terra. O sol esquenta a terra, que tem água e vira vapor. Depois o vapor volta para a terra, porque vai chover. É uma coisa influenciando a outra.

**E2B:** é a gente fez modelos dos processos que mostram os estados de agregação das moléculas.

**E11B:** Sim.

**Prof.:** Uhum, muito bom. E mais alguém gostaria de falar sobre sua experiência ao modelar fenômenos do mundo real?

**E2B:** assim, estudar com modelos fica mais fácil para entender os processos.

**E17B:** porque conseguimos ver como realmente os processos ocorrem em um sistema.

**E10B:** tipo eu, antes do curso eu não enxergava os processos..

**Prof.:** Ah certo. E outra questão, vocês poderiam dar exemplos de fenômenos do mundo real que nós modelamos?

**E16B:** Tipo, a produção de lixo na orla do lago.

- E6B:** Sobre o desmatamento, os processos de transformação dos estados de agregação da água.
- E17B:** Os processos de tratamento da água, de distribuição para a população, e também tipo, o que causa os processos da água né?
- E2B.:** Certo, enchentes né?.
- E6B:** E também outros processos da sociedade, por exemplo, a parte do banco lá, com depósito e saque.
- E10B:** Aquela inundação lá no Rio de Janeiro.
- Prof.:** Certo. E vocês lembram o que são processos?
- E17B:** Os processos são as causas de mudanças no sistema.
- Prof.:** Isso, então falem outros exemplos de processos.
- E11B:** A fusão....
- Prof.:** Isso. Como acontece o processo de fusão.
- E2B:** diminui a quantidade de água sólida e passa para a água líquida.
- Prof.:** Muito bem. E como isso acontece?
- E11B:** por exemplo, alguma forma de energia faz com que tenha a redução de água sólida, porque vai passar para a água líquida.
- Prof.:** certo, então a fusão é um processo?
- E17B:** sim, outro exemplo é a solidificação. Tem também a evaporação, a precipitação. A água é a quantidade quando estamos trabalhando com esses processos da água.
- Prof.:** Uhum, certo. E atmosfera pode ser um objeto?
- E11B:** sim, é uma entidade.
- Prof.:** então, por exemplo, vamos utilizar um processo desses que vocês mencionaram e vamos relacionar com os elementos de modelagem.
- E11B:** tá, então por exemplo, a precipitação.
- E17B:** é, na precipitação temos a atmosfera e o solo como objetos.
- E6B:** objetos ou entidade né?
- E17B:** isso, a água é uma quantidade.
- Prof.:** E que mais? O que seria a taxa de precipitação?
- E17B:** a taxa de precipitação também é uma quantidade.
- E11B:** então a taxa de precipitação retira vapor da atmosfera e adiciona água líquida na terra.
- Prof.:** e quais os elementos que a gente usa para representar a taxa de precipitação retirando água no estado vapor e adicionar no solo?
- Alunos no geral:** os Is...
- E17B:** retirar é o I- e adicionar o I+.
- Prof.:** Pessoal, muito bem. Vamos lá. E vocês poderiam falar um pouco sobre a construção e simulação de modelos no *DynaLearn* físico e no *Dyna web*?
- E11B:** O *DynaLearn* para mim é mais fácil que primeiro que você não tem que instalar, fazer todo aquele processo de instalação que nem sempre dá certo. E também você não precisa apertar o “shift” para ativar as entidades, ativar as quantidades.
- E10B:** Antes eu não gostava do *Dyna web* não, mas depois eu aprendi a gostar.
- E2B:** Eu também não gostava. Mas hoje pra mim o *Dyna web* é melhor, porque em qualquer lugar você consegue mexer, até no celular. Agora o físico você tem que instalar e ficar apertando muitas teclas para mexer. E ainda corre o risco de apagar o modelo.
- E17B:** E corre o risco de apertar algo que não seja do programa. É, acho que é o esc mesmo, que se apertar fecha todo o modelo.
- E11B:** Agora no *Dyna web* não, já fica salvo.
- E2B:** Isso, já salva se fechar.
- E13B:** e o *Dyna web* é em português.
- Alguns alunos:** é verdade, é em português.
- E17B:** Às vezes o *DynaLearn* físico apaga tudo, fecha o programa e dá um bug dele.
- Prof.:** hum. E você E6B, o que acha das versões de *DynaLearn*?
- E6B:** depois a gente começou a trabalhar mais, a conhecer mais...
- Prof.:** ah entendi. E hoje você prefere o web?
- E6B:** Prefiro o web.
- Prof.:** E o E16B não falou... qual a sua experiência E16B no *DynaLearn* nas duas versões?

**E16B:** eu gostei dos dois.

**Prof.:** Não tem nenhuma preferência?

**E16B:** assim, eu gosto dos dois, mas quando estou em casa fazendo um modelo automaticamente eu já abro o *Dyna web*, mas se for preciso também faço os modelos no *DynaLearn* físico.

**Prof.:** Tá certo. Pessoal e vocês me fariam uma desvantagem do *Dyna web*?

**E17B:** Do web é o seguinte: quando você erra o sentido da seta, no físico basta trocar o sentido da seta. No web você tem que apagar, refazer a seta e deixar tudo certinho. Qualquer erro na verdade, você tem que refazer. E assim, é algo que passa tranquilo, não é uma grande desvantagem isso.

**Prof.:** Certo. Mais alguém?

**E16B:** Às vezes ele fecha, mas ele salva.

**E11B:** mas nem é problema do *Dyna*, é do PC.

**Prof.:** Entendi. Então, chegou a acontecer isso, o *Dyna web* fechou algumas vezes?

**E2B:** Sim, mas ele já salva e a gente não perde o modelo.

**E6B:** outra coisa é que poderia deixar a gente criar o nosso login e senha. Aquela senha que a gente tem para entrar no *Dyna web* é difícil pra memorizar.

**Prof.:** hum, então poderia ter esse mecanismo dos próprios usuários criarem a senha né?

**Alunos no geral:** sim....

**E11B:** ah, e outra vantagem também é porque nem todo mundo tem computador em casa, então você pode fazer no celular.

**E17B:** E pelo fato de nós sermos os primeiros estudantes do Brasil a utilizar esse programa, então acho que o projeto não deveria parar. Então, ter um procedimento de continuação do curso, tipo não parar só com a gente do primeiro ano de mineração e de informática.

**E11B:** E eu acho que até poderia ser uma matéria mesmo da escola, em todas as escolas.

**E6B:** Porque desenvolve o raciocínio e tal e isso ajuda nas outras matérias...

**E10B:** Estimula.

**Prof.:** Então muito bem. E pessoal, o que vocês pensam de usar o *DynaLearn* nas disciplinas escolares?

**E6B:** É isso que eu estava pensando... é uma coisa muito boa néh.

**E11B:** e pode até apresentar trabalhos, seminários.

**E17B:** Dá para usar em tudo, mas tem algumas matérias que a gente trabalha com um pensamento mais dinâmico, como geografia, geociências, química.

**E2B:** isso, e até dá para ajudar a enxergar as coisas mais relacionadas.

**E17B:** dá pra gente fazer os processos envolvidos nas matérias de química, biologia, geografia e geociências. Por exemplo, o ciclo da água, os processos do ciclo da água.

**E13B:** Eu acho que poderia utilizar nas matérias, por exemplo geociências que a gente estuda a movimentação das placas tectônicas, erosão do solo, então dá para utilizar.

**Prof.:** E vocês conseguem reconhecer processos nessas disciplinas?

**Alguns alunos:** Sim.

**Prof.:** Poderiam citar mais exemplos?

**E17B:** tipo, na geografia que a gente estuda a imigração e emigração, são processos.

**E2B:** os próprios processos do ciclo da água que a gente viu, isso aprende na Química.

**E2B:** a gente pode começar fazendo os mapinhas e ir aumentando o nível igual a gente fez nas aulas de modelagem.

**Prof.:** Muito bom. Pessoal, agora falem um pouco sobre o ciclo da água como um sistema dinâmico, no qual os objetos se interagem entre si e mecanismos de retroalimentação que atuam no sistema. Gostaria que vocês comentassem um pouco sobre isso.

**E17B:** É justamente isso porque é um sistema dinâmico onde tudo é uma interação com alguma coisa como a atmosfera que interage com a terra, com o sol, com o mar e tipo uma vai estar ligado com a outra, e mudando as propriedades dos objetos constantemente, e isso que é o sistema dinâmico.

**Prof.:** hum...

**E11B:** Mas é praticamente isso mesmo, uma coisa ligada a outra. Por exemplo o sol aquece a água e com isso a água sobe para a atmosfera e nisso ela aciona a taxa de precipitação e com

isso vem a chuva que traz a água para o solo de novo. O modelo mostra o que está acontecendo no sistema.

**E6B:** É um ciclo infinito que não para, com retroalimentação agindo no sistema.

**Prof.:** É gente, a retroalimentação é um conceito importante para entender os sistemas complexos. Vocês saberiam me falar o que é retroalimentação?

**E17B:** explicar a retroalimentação balanceadora é mais fácil para mim, já que a balanceadora ela serve para equilibrar um processo que está trabalhando. Por exemplo, eu já estudei em geografia da população, que em alguns países como a Índia, onde a população é absurda, tem que fazer o controle de natalidade. Então a retroalimentação balanceadora entra para balancear e equilibrar um processo, tipo o de natalidade.

**E11B:** é para deixar o sistema estável.

**E17B:** isso...

**E11B:** por exemplo, igual lá na china que você não pode ter mais de um filho. É porque lá tem grande população e pouco espaço. Então se as pessoas tiverem mais filhos vai aumentar o espaço ocupado, vai diminuir a comida, a água, entendeu? Então tem que balancear.

**Prof.:** Uhum... e a reforçadora?

**E17B:** A reforçadora a gente consegue trabalhar com ela da seguinte forma: continuando o assunto sobre população, se tem um lugar que tem muitos idosos e poucas crianças nascendo, o governo não vai conseguir sustentar a aposentadoria. E tipo, não tendo alguém na base para trabalhar e manter o salário dos idosos que eles ganham mensalmente é preciso acionar uma retroalimentação reforçadora, para incentivar mais nascimento de crianças, mas é claro que o resultado não vai ser de imediato, e sim com o tempo. Claro que a gente tem pensar quais formas a gente consegue aumentar a taxa de natalidade, mas de qual forma isso tem que ser feito com segurança para não ter outros prejuízos, como a superpopulação.

**E2B:** ou seja, a retroalimentação vai controlar né?

**Alunos no geral:** isso.

**E17B:** ela vai controlar o sistema.

**Prof.:** Uhum. E pessoal agora vocês me falem o ciclo da água pode ser entendido como um sistema dinâmico?

**Alunos no geral:** sim.

**Prof.:** Aí eu queria que vocês me falassem o porque que o ciclo da água pode ser entendido como um ciclo dinâmico? Alguém poderia mencionar alguns aspectos sempre tentando relacionar com os elementos da modelagem que a gente mencionou?

**E11B:** O que tem componentes que estão se influenciando. Igual o sol influencia a água líquida e com isso ela sobe as gotículas, ativando assim a taxa de precipitação e isso influencia na chuva, a chuva cai e aumenta a água líquida de novo. E assim, uma vai influenciando na outra e por isso que é dinâmica.

**Prof.:** Entendi, e por isso que é dinâmica?

**E17B:** A gente pode trazer da seguinte forma, os componentes que ele falou seria quais no nosso modelo? O solo seria uma entidade, e o sol seria o agente.

**E11B:** A atmosfera seria uma entidade também.

**E10B:** E tem as taxas né?

**E11B:** tem as taxas. Taxa de evaporação, taxa de precipitação.

**E2B:** As quantidades, que é água líquida, a água em forma de vapor.

**E11B:** É, quantidades. As entidades é a atmosfera e o solo.

**Prof.:** Uhum. Muito bem. E me falem também como a retroalimentação atua no ciclo da água. Você poderiam me dar um exemplo?

**E17B:** A gente consegue trazer isso pensando no ciclo e no estoque.

**Prof.:** Como?

**E17B:** A evaporação aumenta a quantidade de água, mas água vapor na atmosfera, e a retroalimentação devolve o efeito para o processo.

**Prof.:** hum...

**E17B:** e o vapor de água na atmosfera aciona a chuva.

**E2B:** que é a precipitação.

**E17B:** isso, a taxa de precipitação, que vai aumentar a água líquida no solo, tipo vai devolver o efeito do processo inicial.

**E11B:** A retroalimentação vai reforçar o processo, continuando o processo inicial de evaporação.

**Prof.:** Ah entendi. Pessoal, eu não tenho mais perguntas. Vocês gostariam de falar algum assunto que não conversamos?

**E16B:** Ah tipo, vai ter mais projetos como esse?

**E6B:** eu queria saber se tipo nos próximos anos a gente vai ter esse projeto.

**E11B:** É, vai ter o curso para os próximos primeiros anos...

**E6B:** Eu quero ser monitora tá?

**E2B:** Eu também quero ser monitora.

**E6B:** tipo em outros lugares, em outras instituições, em outra escolas, pode ter esse curso?

**Prof.:** Humm... excelentes perguntas.

**E2B:** ah quero te perguntar também por quê que nós que fomos escolhidos

**Alguns alunos:** É verdade, por quê a nossa instituição?

**Prof.:** Pessoal, vou responder todas as questões viu. A primeira foi em relação de uma segunda edição. Vou discutir com os meus orientadores sobre isso. Uma nova edição, talvez em 2020 seria interessante.

**E2B:** Isso, e eu quero participar. Professor, e quem criou o *DynaLearn*?

**Prof.:** Foi um grupo de pesquisadores de vários países, inclusive o Brasil. Um grande incentivador do projeto foi o professor Bert Bredeweg, da Universidade de Amsterdã.

**E10B:** O do e-mail?

**Prof.:** Isso, aquele que enviou o e-mail para vocês com o *login* e senha do *Dyna web*. E o meu orientador, o Professor Paulo Salles também contribuiu com o projeto do *DynaLearn*. Agora, para desenvolver outras edições do curso, podemos pensar em algumas propostas. Pessoal, são várias possibilidades que estamos analisando. Primeiro, ofertar uma segunda edição que seria uma modelagem mais avançada para vocês, que já fizeram a primeira edição. Então faríamos uma segunda edição em 2020, e aí teria LS5 e o LS6. Então essa é uma possibilidade. Outra possibilidade é a gente utilizar esses materiais com o ensino superior, porque nós fizemos aplicação somente com a educação básica. E agora a gente precisa saber também os resultados que a modelagem qualitativa gera na formação dos estudantes de ensino superior.

**E6B:** poderia aplicar em outras escolas.

**Prof.:** Então isso tudo vai depender da minha conversa com os meus professores, a gente vai reunir e decidir, vamos analisar tudo que a gente fez aqui e vamos ver qual que é o melhor caminho.

**E6B:** mas tem outros professores que assim como você, que pode trazer outro curso?

**Prof.:** É, tem mais dois professores comigo que são os meus orientadores.

**E17B:** mas, no caso, ensinando é apenas você?

**Prof.:** É, eles trabalham muito me orientando na construção desses materiais que eu trouxe para vocês, e também me orientando sobre as melhores abordagens para a sala de aula. Vocês lembram que tinha atividades, exercícios e teste e pós-teste quase toda a aula?

**Alunos no geral:** sim...

**Prof.:** todos os materiais foram pensados e estruturados em conjunto com os meus professores, calculado aula por aula, tempo por tempo, de acordo com o cronograma. Então por trás dessa execução, há um trabalho exaustivo e teórico e aí os orientadores nos fornece esse grande suporte. Sem eles, esse curso não seria possível. E atualmente para aplicação dos materiais estou somente eu, mas pode ter outras pessoas também, geralmente alunos de mestrado e de doutorado.

**E6B:** E por quê você escolheu o primeiro ano para desenvolver o curso e não o segundo?

**Prof.:** muito bem. Por que não o segundo e nem o terceiro? Os estudantes dos terceiros estão sem disponibilidade de horários, porque estão envolvidos com o Enem, o foco deles é o Enem. Os segundos anos não possuem disponibilidade na matriz curricular. E os primeiros anos, além de ter disponibilidade na matriz curricular, os conteúdos que a gente trabalha, por exemplo, os processos envolvidos no ciclo da água, fazem parte dos conteúdos programáticos do primeiro ano. E além desses conteúdos, vocês vão ver ainda a dinâmica de população em geografia,

envolvendo taxas de mortalidade e de natalidade... Então os temas, os conteúdos estão bem direcionados com o primeiro ano, então por isso optamos por desenvolver nestas séries. Agora se optarmos por desenvolver o curso em uma segunda edição do curso, quero vocês como meus monitores, é importante. A gente faz um treinamento para vocês recordarem, e aí a gente trabalha.

**E6B:** então vai ter monitoria se tiver?

**Prof.:** sim, possivelmente sim. Mais alguém?

**E17B:** é uma coisa diferente que me fez aprender mais...

**Prof.:** muito bom. Pessoal, então excelente. Então encerramos o nosso debate. Muito obrigado pela participação de vocês mais uma vez nesse momento tão grandioso. Obrigado!

## APÊNDICE H – AVALIAÇÕES DE PRÉ E PÓS-TESTES

### Curso de Modelagem Qualitativa Prof. Paulo Vitor Teodoro de Souza

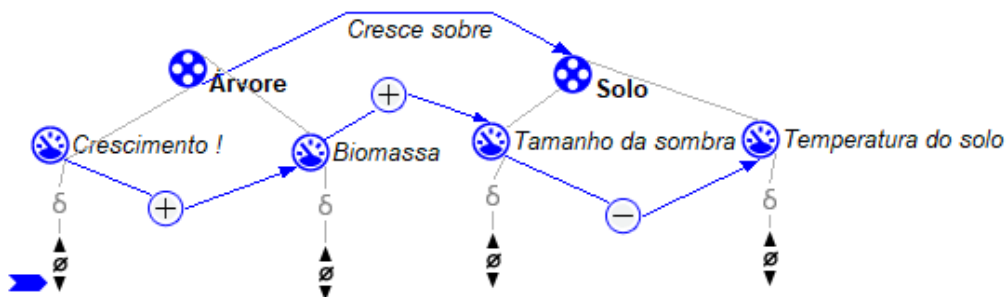


#### Pré-Teste 1 (Elementos de LS2)

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

- 1- A partir do modelo mostrado na Figura 1, associe os itens da primeira com os elementos da segunda coluna.

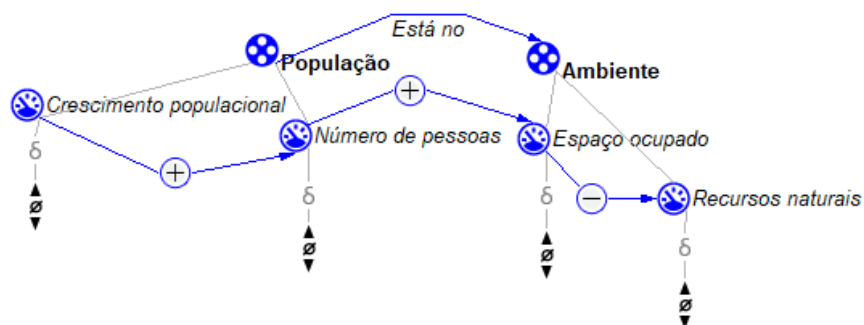
**Figura 1:** Cenário do modelo “Árvore e Sombra” com um valor inicial para a derivada de *Crescimento*.



- |  |  |
|--|--|
| a- Valor inicial da simulação          | ( ) Diminuindo, Diminuindo e aumentando, respectivamente.          |
| b- Quantidade                          | ( ) Cresce sobre.  |
| c- Valores dos resultados da simulação | ( ) Crescimento, Biomassa, Tamanho da sombra, Temperatura do solo. |
| d- Entidade                            | ( ) Positivo, zero, negativo.                                      |
| e- Configuração                        | ( ) Solo, Árvore.  |
| f- + e -                               | ( ) Negativo.  |
| g- Valores da derivada                 | ( ) relação de influência.   |

- 2- A partir da expressão do modelo abaixo, mostrado na Figura 2, julgue os itens abaixo utilizando (V) para Verdadeiro e (F) para Falso:

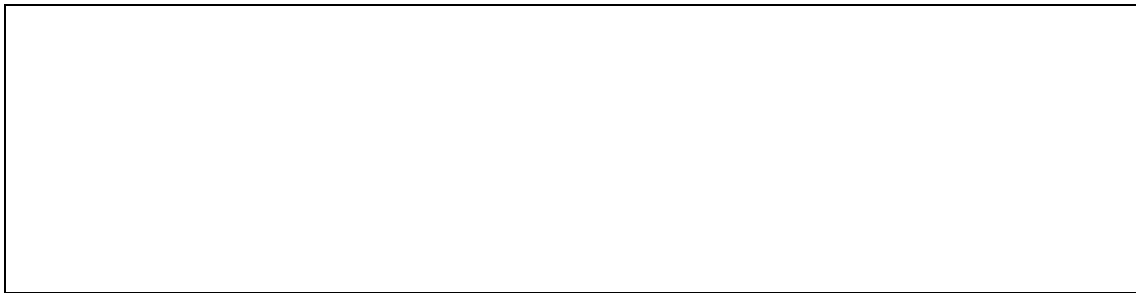
**Figura 2:** expressão do modelo “Crescimento Populacional”.



- a) ( ) *Espaço ocupado* diminui,  
Porque *Número de pessoas* diminui.
- b) ( ) Se *Espaço ocupado* aumenta,  
Então *Recursos naturais* aumenta.
- c) ( ) *Número de pessoas* diminui,  
Porque *Crescimento populacional* aumenta.
- d) ( ) Se *Crescimento populacional* diminui,  
Então *Recursos naturais* aumenta.

3- Desenhe um modelo em LS2 que descreva a situação expressa no modelo verbal abaixo, usando uma entidade e uma quantidade com o respectivo valor da derivada.

**Modelo verbal:** O volume de água da caixa d'água está diminuindo.



4- Desenhe um modelo em LS2 que descreva a situação expressa no modelo verbal abaixo, usando duas entidades, uma configuração, e duas quantidades, com uma relação de influência entre elas.

**Modelo verbal:** A atmosfera está carregada de nuvens cinzas sobre o lago. Quanto maior a chuva, maior será o volume do lago.







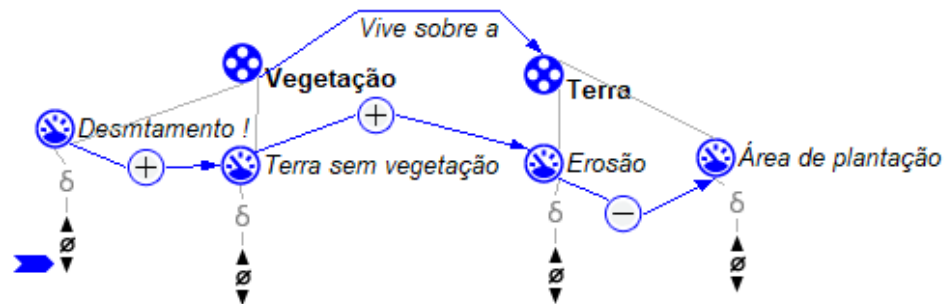
**Curso de Modelagem Qualitativa**  
**Prof. Paulo Vitor Teodoro de Souza**

Pós-Teste 1 (Componentes de LS2)

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

1- A partir do modelo mostrado na Figura 1, associe a primeira com a segunda coluna.

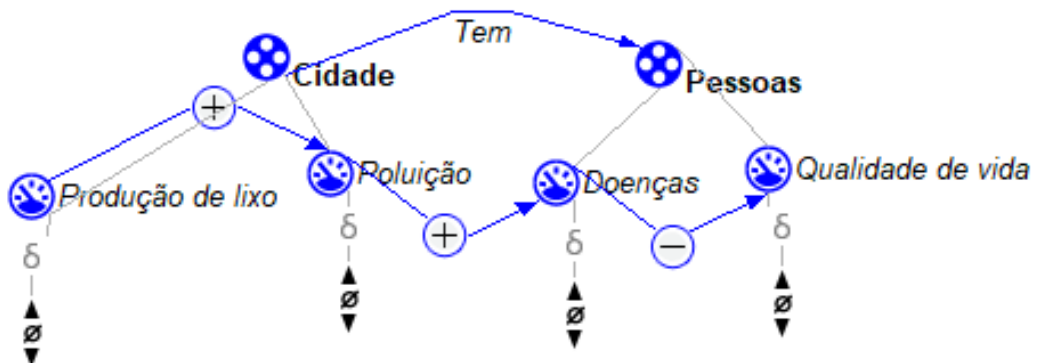
**Figura 1:** Cenário do modelo “Vegetação e terra” com um valor inicial para a derivada de *Desmatamento*.



- |  |   |
|--|---|
| a- Diminuindo, Diminuindo e aumentando, respectivamente.         | ( ) Valor inicial da simulação          |
| b- Protege a   | ( ) Quantidades                         |
| c- Desmatamento, Terra sem vegetação, Erosão, Área de plantação. | ( ) Valores dos resultados da simulação |
| d- Positivo, zero, negativo.                                     | ( ) Entidades                           |
| e- Negativo.   | ( ) Configuração                        |
| f- Relação de influência.  | ( ) + e -                               |
| g- Vegetação e Terra.  | ( ) Valores da derivada                 |

2- A partir da expressão do modelo abaixo, mostrado na Figura 2, julgue os itens abaixo utilizando (V) para Verdadeiro e (F) para Falso:

**Figura 2:** expressão do modelo “Produção de lixo e qualidade de vida das pessoas”.




- e) ( ) Se *Doenças* aumenta,

Então *Qualidade de vida* aumenta.

- f) ( ) *Doenças* diminui,  
Porque *Poluição* diminui.
- g) ( ) Se *Produção de lixo* diminui,  
Então *Qualidade de vida* aumenta.
- h) ( ) *Poluição* diminui,  
Porque *Produção de lixo* aumenta.

- 3- Desenhe um modelo em LS2 que descreva a situação expressa no modelo verbal abaixo, usando uma entidade e uma quantidade com o respectivo valor da derivada.

**Modelo verbal:** A sala está fechada. Dentro, a temperatura está aumentando.



- 4- Desenhe um modelo em LS2 que descreva a situação expressa no modelo verbal abaixo, usando duas entidades, uma configuração e duas quantidades, com uma relação de influência entre elas.

**Modelo verbal:** O sol sobre a calçada está cada vez mais forte. Quanto maior o calor, menor será a área da poça de água na calçada.



## Curso de Modelagem Qualitativa

### Prof. Paulo Vitor Teodoro de Souza



### Pré-teste 2 (Conservadores da floresta)

**Texto:** Conservação da floresta e exploração de produtos madeireiros.

**Problemática:** Em uma região com grande quantidade de florestas, grupos ambientalistas querem restringir a derrubada de árvores e manter uma exploração sustentável de produtos florestais, para salvar o hábitat de uma espécie de anfíbio ameaçada de extinção. Entretanto, empresários que exploram produtos madeireiros argumentam que é mais importante gerar empregos e melhorar a qualidade de vida da população, e não acreditam que a derrubada de árvores e a possível extinção desses anfíbios provoque aumento significativo em doenças e redução da produção florestal.

#### Visão dos Ambientalistas

Os ambientalistas defendem a necessidade de aumentar a quantidade de **árvores preservadas** para promover o **extrativismo sustentável**, pois este é uma forma de reduzir o **desemprego**, capaz de melhorar a qualidade de vida de muitas famílias. Além disso, as árvores preservadas contribuem para aumentar a disponibilidade de **habitats**, e estes ambientes fazem aumentar tanto a quantidade de **anfíbios** como a **biodiversidade natural** na floresta. É importante ressaltar que a biodiversidade natural também colabora para promover o extrativismo sustentável na floresta. Os anfíbios são predadores de **insetos** e, dessa forma, contribuem para controlar **vetores** que causam **doenças**. Além, disso, também reduzem a quantidade de **pragas agrícolas** que, por sua vez, fazem diminuir a **produção florestal**. Como proposta, sugerem manter estável a quantidade de **árvores derrubadas**, que influenciam positivamente a geração de **produtos madeireiros**, e que, conseqüentemente, poderiam aumentar a quantidade de **empregos**, lembrando que tanto os produtos como os empregos influenciam positivamente a arrecadação de **impostos**.

#### AVALIAÇÃO

Leia o texto a seguir:

A partir do modelo verbal, construa um modelo LS2 que representa a visão conservacionista dos ambientalistas. Note que todas as palavras que aparecem em **negrito** no texto devem ser modeladas como quantidades. São elas: **Árvores preservadas**, **Biodiversidade Natural**, **Extrativismo sustentável**, **Desemprego**, **Habitats**, **Anfíbios**, **Insetos**, **Vetores**, **Doenças**, **Pragas agrícolas**, **Produção florestal**, **Árvores derrubadas**, **Produtos madeireiros**, **Empregos**, **Impostos**. Todas as quantidades devem estar associadas a uma única entidade: **FLORESTA**.

Coloque no modelo todas as influências mencionadas no texto, com os respectivos sinais positivo ou negativo (+ ou -) e a direção correta entre as variáveis influenciadoras e as variáveis influenciadas.

**Responda as questões abaixo:**

**Questão 1** - Desenhe no espaço abaixo o modelo qualitativo LS2 que você construiu:

**Questão2-** Utilizando as informações disponíveis para definir os valores iniciais das variáveis que começam a cadeia causal e rode a simulação com o seu modelo.

A seguir, preencha os espaços abaixo, com as palavras AUMENTOU, ESTABILIZOU, DIMINUIU.

VARIÁVEL	RESULTADO DA SIMULAÇÃO
Árvores preservadas	
Biodiversidade Natural	
Extrativismo sustentável	
Desemprego	
Habitat	
Anfíbios	
Insetos	
Impostos	
Vetores	
Doenças	
Pragas agrícolas	
Produção florestal	
Árvores derrubadas	
Produtos madeireiros	
Empregos	

## Pré-teste 2 (Conservadores da floresta)

**Texto:** Conservação da floresta e exploração de produtos madeireiros.

**Problemática:** Em uma região com grande quantidade de florestas, grupos ambientalistas querem restringir a derrubada de árvores e manter uma exploração sustentável de produtos florestais, para salvar o hábitat de uma espécie de anfíbio ameaçada de extinção. Entretanto, empresários que exploram produtos madeireiros argumentam que é mais importante gerar empregos e melhorar a qualidade de vida da população, e não acreditam que a derrubada de árvores e a possível extinção desses anfíbios provoque aumento significativo em doenças e redução da produção florestal.

### Visão dos Ambientalistas

Os ambientalistas defendem a necessidade de aumentar a quantidade de **árvores preservadas** para promover o **extrativismo sustentável**, pois este é uma forma de reduzir o **desemprego**, capaz de melhorar a qualidade de vida de muitas famílias. Além disso, as árvores preservadas contribuem para aumentar a disponibilidade de **habitats**, e estes ambientes fazem aumentar tanto a quantidade de **anfíbios** como a **biodiversidade natural** na floresta. É importante ressaltar que a biodiversidade natural também colabora para promover o extrativismo sustentável na floresta. Os anfíbios são predadores de **insetos** e, dessa forma, contribuem para controlar **vetores** que causam **doenças**. Além, disso, também reduzem a quantidade de **pragas agrícolas** que, por sua vez, fazem diminuir a **produção florestal**. Como proposta, sugerem manter estável a quantidade de **árvores derrubadas**, que influenciam positivamente a geração de **produtos madeireiros**, e que, conseqüentemente, poderiam aumentar a quantidade de **empregos**, lembrando que tanto os produtos como os empregos influenciam positivamente a arrecadação de **impostos**.

### AVALIAÇÃO

Leia o texto a seguir:

A partir do modelo verbal, construa um modelo LS2 que representa a visão conservacionista dos ambientalistas. Note que todas as palavras que aparecem em **negrito** no texto devem ser modeladas como quantidades. São elas: **Árvores preservadas**, **Biodiversidade Natural**, **Extrativismo sustentável**, **Desemprego**, **Habitats**, **Anfíbios**, **Insetos**, **Vetores**, **Doenças**, **Pragas agrícolas**, **Produção florestal**, **Árvores derrubadas**, **Produtos madeireiros**, **Empregos**, **Impostos**. Todas as quantidades devem estar associadas a uma única entidade: **FLORESTA**.

Coloque no modelo todas as influencias mencionadas no texto, com os respectivos sinais positivo ou negativo (+ ou -) e a direção correta entre as variáveis influenciadoras e as variáveis influenciadas.

**Responda as questões abaixo:**

**Questão 1** - Desenhe no espaço abaixo o modelo qualitativo LS2 que você construiu:

**Questão2-** Utilizando as informações disponíveis para definir os valores iniciais das variáveis que começam a cadeia causal e rode a simulação com o seu modelo.

A seguir, preencha os espaços abaixo, com as palavras AUMENTOU, ESTABILIZOU, DIMINUIU.

VARIÁVEL	RESULTADO DA SIMULAÇÃO
Árvores preservadas	
Biodiversidade Natural	
Extrativismo sustentável	
Desemprego	
Habitat	
Anfíbios	
Insetos	
Impostos	
Vetores	
Doenças	
Pragas agrícolas	
Produção florestal	
Árvores derrubadas	
Produtos madeireiros	
Empregos	



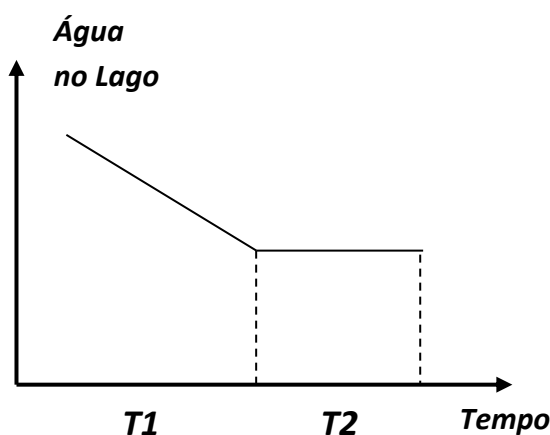
**Curso de Modelagem Qualitativa**  
**Prof. Paulo Vitor Teodoro de Souza**

**Pré-teste 3** (Processos do ciclo da água no plano cartesiano e efeitos das magnitudes e derivadas nas quantidades influenciadas).

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

**Exercício 1-** Nos exercícios a seguir, analise os gráficos e responda FALSO ou VERDADEIRO para as relações entre os processos que explicam os resultados dos gráficos.

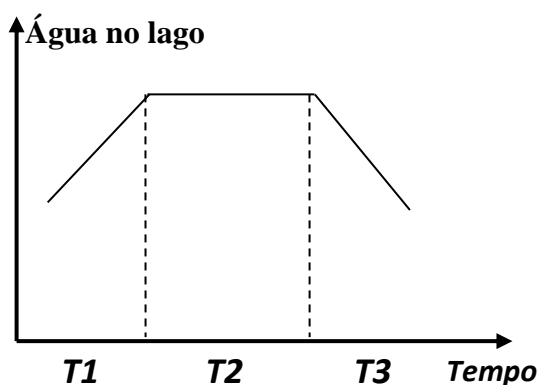
a.



No período de tempo T1,  
**Taxa de precipitação < Taxa de evaporação**  
 No período de tempo T2,  
**Taxa de precipitação = Taxa de evaporação**

( ) FALSO      ( ) VERDADEIRO

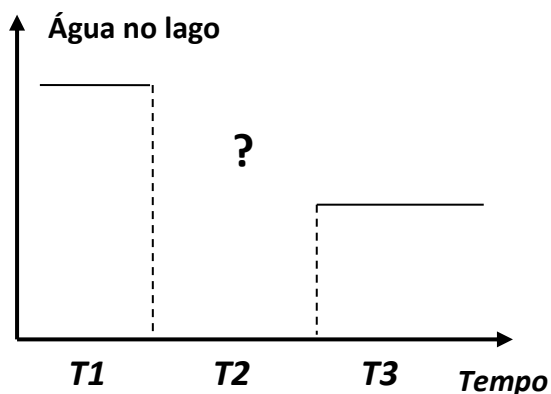
b.



No período de tempo T1,  
**Taxa de precipitação < Taxa de evaporação**  
 No período de tempo T2,  
**Taxa de precipitação = Taxa de evaporação**

( ) FALSO      ( ) VERDADEIRO

c.

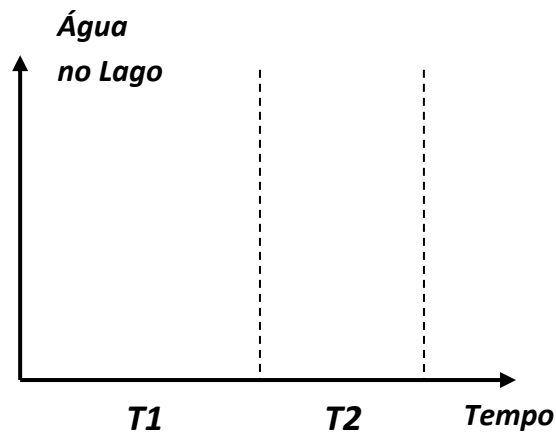


**No intervalo T2,**  
**Taxa de precipitação < Taxa de evaporação**

( ) FALSO      ( ) VERDADEIRO

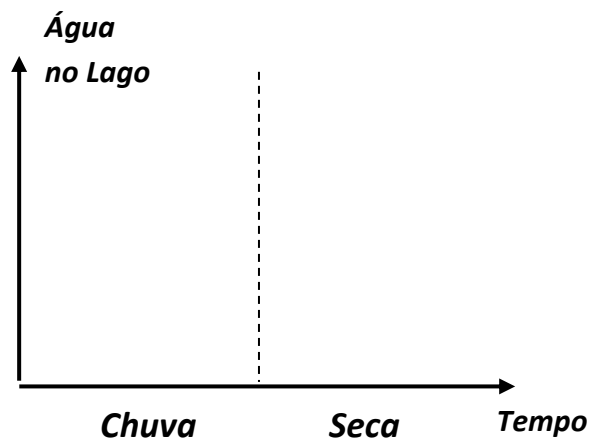
d.

Desenhe o gráfico correspondente à situação de um Lago em que no período T1, **Taxa de precipitação < Taxa de evaporação** e no período T2, **Taxa de precipitação > Taxa de evaporação**



e.

Desenhe um gráfico que mostre a situação da quantidade de água em um Lago no cerrado em tempos chuvosos e na seca, com base nas relações entre PRECIPITAÇÃO e EVAPORAÇÃO:





**Exercício 2-** Associe a coluna I, que mostra um a expressões de modelos, com a coluna II, em que são apresentados diagramas de valores que quantidades resultantes de simulação.

COLUNA I -EXPRESSÕES DE MODELOS	COLUNA II – RESULTADOS DE SIMULAÇÕES
<p><b>A</b></p>	<p>( )</p> <p>Sistema: Quantidade influenciadora</p> <p>1 2 3</p> <p>Sistema: Quantidade influenciada</p> <p>1 2 3</p>
<p><b>B</b></p>	<p>( )</p> <p>Sistema: Quantidade influenciadora</p> <p>1</p> <p>Sistema: Quantidade influenciada</p> <p>1</p>
<p><b>C</b></p>	<p>( )</p> <p>Sistema: Quantidade influenciadora</p> <p>1</p> <p>Sistema: Quantidade influenciada</p> <p>1</p>
<p><b>D</b></p>	<p>( )</p> <p>Sistema: Quantidade influenciadora</p> <p>1 2 3</p> <p>Sistema: Quantidade influenciada</p> <p>1 2 3</p>

**Exercício 3** - Sobre as influencias diretas (I+ e I-), colocadas por processos, e sobre as proporcionalidades qualitativas (P+ e P-), propagadoras dos efeitos dos processos, julgue os itens abaixo marcando V para as sentenças Verdadeiras e F para as Falsas.

- a) ( ) A magnitude de uma quantidade influenciadora não tem efeito na quantidade influenciada, quando esta é influenciada por uma proporcionalidade qualitativa.
- b) ( ) Quando se utiliza as influências diretas [I+ ou I-], a derivada de uma quantidade influenciadora tem efeito na quantidade influenciada.
- c) ( ) A derivada de uma quantidade influenciadora tem efeito na quantidade influenciada, quando esta é influenciada por uma proporcionalidade qualitativa.
- d) ( ) Quando se utiliza as influências diretas [I+ ou I-], a magnitude de uma quantidade influenciadora tem efeito no comportamento da quantidade influenciada.

**Curso de Modelagem Qualitativa**  
**Prof. Paulo Vitor Teodoro de Souza**

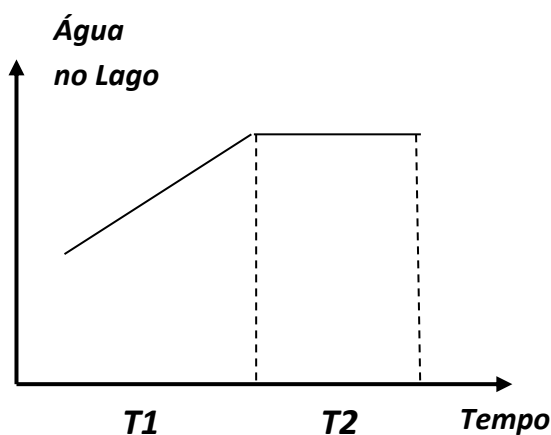


**Pós-teste 3** (Processos da água no Plano cartesiano e efeitos das magnitudes e derivadas)

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

**Exercício 1-** Nos exercícios a seguir, analise os gráficos e responda FALSO ou VERDADEIRO para as relações entre os processos que explicam os resultados dos gráficos.

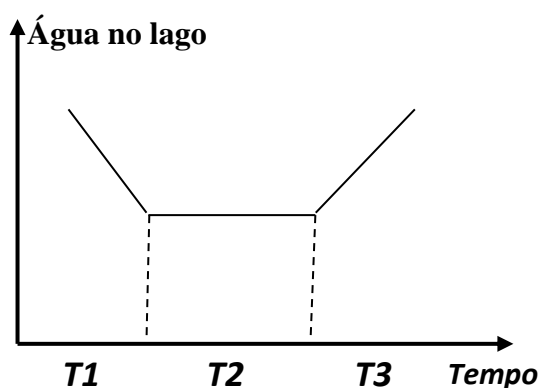
a.



No período de tempo T1,  
**Taxa de precipitação < Taxa de evaporação**  
 No período de tempo T2,  
**Taxa de precipitação = Taxa de evaporação**

( ) FALSO      ( ) VERDADEIRO

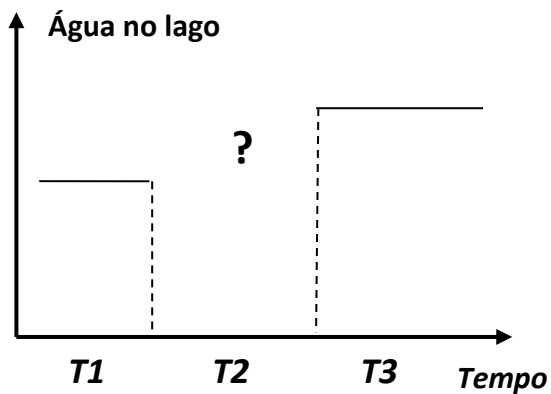
b.



No período de tempo T1,  
**Taxa de precipitação < Taxa de evaporação**  
 No período de tempo T2,  
**Taxa de precipitação = Taxa de evaporação**

( ) FALSO      ( ) VERDADEIRO

c.



No intervalo T2,

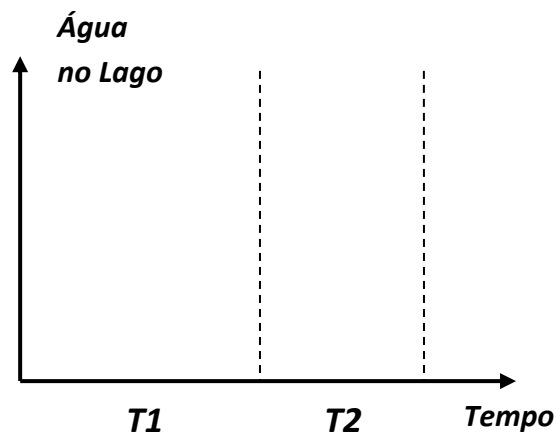
*Taxa de precipitação < Taxa de evaporação*

( ) FALSO

( ) VERDADEIRO

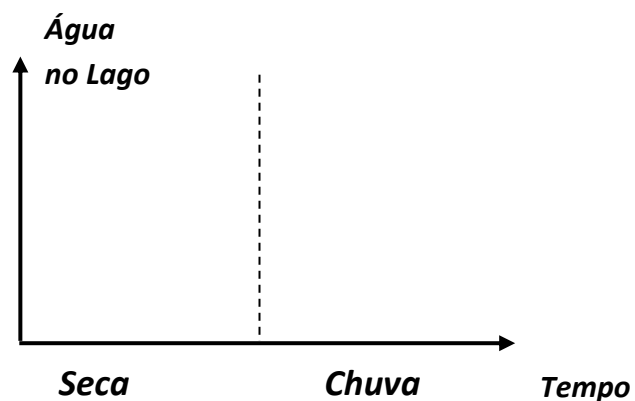
d.

Desenhe o gráfico correspondente à situação de um Lago em que no período T1, **Taxa de precipitação > Taxa de evaporação** e no período T2, **Taxa de precipitação < Taxa de evaporação**



f.

Desenhe um gráfico que mostre a situação da quantidade de água em um Lago no cerrado em tempos chuvosos e na seca, com base nas relações entre PRECIPITAÇÃO e EVAPORAÇÃO:



**Exercício 2-** Associe a coluna I, que mostra um a expressões de modelos, com a coluna II, em que são apresentados diagramas de valores que quantidades resultantes de simulação.

COLUNA I - EXPRESSÕES DE MODELOS	COLUNA II – RESULTADOS DE SIMULAÇÕES
<p><b>A</b></p>	<p>( )</p> <p>Sistema: Quantidade influenciadora</p> <p>Sistema: Quantidade influenciada</p>
<p><b>B</b></p>	<p>( )</p> <p>Sistema: Quantidade influenciadora</p> <p>Sistema: Quantidade influenciada</p>
<p><b>C</b></p>	<p>( )</p> <p>Sistema: Quantidade influenciadora</p> <p>Sistema: Quantidade influenciada</p>
<p><b>D</b></p>	<p>( )</p> <p>Sistema: Quantidade influenciadora</p> <p>Sistema: Quantidade influenciada</p>

**Exercício 3** - Sobre as influências diretas (I+ e I-), colocadas por processos, e sobre as proporcionalidades qualitativas (P+ e P-), propagadoras dos efeitos dos processos, julgue os itens abaixo marcando V para as sentenças Verdadeiras e F para as Falsas.

- e) (    ) Quando se utiliza as influências diretas [I+ ou I-], a derivada de uma quantidade influenciadora tem efeito na quantidade influenciada.
- f) (    ) A derivada de uma quantidade influenciadora tem efeito na quantidade influenciada, quando esta é influenciada por uma proporcionalidade qualitativa.
- g) (    ) A magnitude de uma quantidade influenciadora não tem efeito na quantidade influenciada, quando esta é influenciada por uma proporcionalidade qualitativa.
- h) (    ) Quando se utiliza as influências diretas [I+ ou I-], a magnitude de uma quantidade influenciadora tem efeito no comportamento da quantidade influenciada.

**Curso de Modelagem Qualitativa**  
**Prof. Paulo Vitor Teodoro de Souza**



**Pré-Teste 4 (Pensamento Sistêmico)**

**Nome:** \_\_\_\_\_ **Turma:** \_\_\_\_\_

**Questão 1-** Leia o texto abaixo:

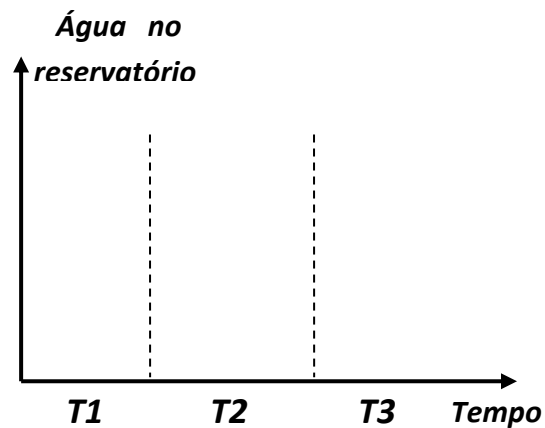
Considere um reservatório de água para abastecimento de uma cidade. A quantidade de água do reservatório depende, basicamente, de processos da entrada de água pela chuva (precipitação) e pelo deslocamento de água dos rios afluentes. A saída da água se dá pelos processos de evaporação e de captação (a retirada de água pela empresa de abastecimento público).

Durante um período do ano, o reservatório está recebendo águas de chuva e pelo deslocamento de água dos rios afluentes para dentro do reservatório. A empresa está captando água do reservatório e a evaporação é constante. Durante esse período de tempo (T1), o volume do reservatório se manteve estável.

No período de tempo seguinte (T2), observa-se que o volume do reservatório começou a aumentar, e assim se manteve durante todo o período. Finalmente, depois de alcançar um ponto máximo, o volume do reservatório passou a diminuir, durante o período T3. Ao final desse período, o volume do reservatório chegou a um ponto mais baixo que aquele observado no início do período T1.

- (a) Desenhe, no espaço abaixo, um modelo simples, contendo as entidades “Reservatório”, “Empresa”, “Rio”, “Atmosfera”. Associe a essas entidades as quantidades que representam os processos influenciadores da quantidade “Volume” do reservatório, utilizando as influencia(s) que você aprendeu no LS4.

- (b) Desenhe o comportamento do nível do reservatório no gráfico cartesiano abaixo, nos três intervalos de tempo mencionados.



- (c) Complete as lacunas abaixo, explicando como os processos de entrada (precipitação, fluxo de rios) e de saída (captação, evaporação) de água determinaram o comportamento do volume do reservatório durante cada um dos três períodos. Considere que o deslocamento de água para o reservatório e a evaporação são constantes durante todo o tempo (T1, T2 e T3).

No período T1, \_\_\_\_\_

---



---

No período T2, \_\_\_\_\_

---



---

No período T3, \_\_\_\_\_

---



---

OBRIGADO POR PARTICIPAR DO NOSSO CURSO!





**Pós-Teste 4 (Pensamento Sistêmico)**

**Nome:** \_\_\_\_\_ **Turma:** \_\_\_\_\_

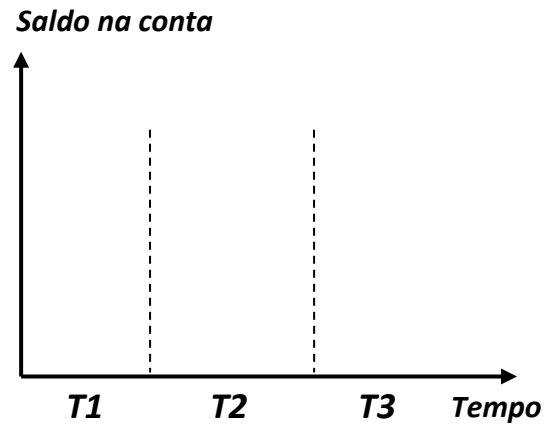
**Questão 1-** Leia o texto abaixo:

Um trabalhador era muito cuidadoso com suas finanças e guardava seu dinheiro no banco da cidade onde morava. Por um lado, todos os meses depositava seu salário (incluindo o 13.º salário e as férias remuneradas) em uma conta poupança, de modo que recebia mensalmente juros pagos pelo banco como rendimento de seu investimento. Por outro lado, o trabalhador retirava dinheiro de sua conta (saque) para pagar suas despesas, e ainda pagava ao banco uma taxa mensal pelos serviços prestados pelo banco. Portanto, o saldo mensal do trabalhador depende, basicamente, de processos de entrada (depósito de salários e o pagamento de juros feitos pelo banco), e de processos de saída de dinheiro (retiradas para despesas pessoais e cobrança de taxas pelo banco).

Durante um período de tempo (T1), os extratos bancários mostraram que o saldo do trabalhador estava decrescendo. Em seguida, houve um período (T2), em que o saldo permaneceu estável e, no período seguinte (T3), o saldo passou a crescer, chegando a um valor maior do que aquele saldo existente no início do período T1).

Desenhe, no espaço abaixo, um modelo simples, contendo as entidades “Cidade”, “Banco” e “Trabalhador”. Associe a essas entidades as quantidades que representam os processos influenciadores da quantidade “Saldo” da conta do trabalhador, utilizando as influências que você aprendeu a usar no LS4.

- (a) Desenhe, no gráfico cartesiano abaixo, o comportamento do saldo bancário do trabalhador, nos três intervalos de tempo mencionados.



- (b) Complete as lacunas abaixo, explicando como os processos de entrada (depósito de salário, rendimentos de juros pelo investimento) e de saída (saques, pagamento de taxas) de dinheiro determinaram o comportamento do saldo bancário durante cada um dos três períodos (T1, T2 e T3).

No período T1, \_\_\_\_\_

---



---

No período T2, \_\_\_\_\_

---



---

No período T3, \_\_\_\_\_

---



---

OBRIGADO POR PARTICIPAR DO NOSSO CURSO!

## APÊNDICE I – PLANOS DE UNIDADES

<b>Unidade 1</b>	
<b>Tópico:</b>	Apresentação da modelagem qualitativa e introdução ao <i>DynaLearn</i> .
<b>Objetivos:</b>	a) Apresentar a modelagem qualitativa; b) Apresentar o <i>DynaLearn</i> aos estudantes, utilizando brevemente os seis níveis de complexidade.
<b>Procedimento</b>	
<b>Duração:</b>	1h50min (2 aulas de 55 minutos).
<b>Atividades a serem realizadas:</b>	Breve apresentação do curso, com objetivos e temas a serem abordados. Entrega do Questionário para conhecermos o perfil dos estudantes. Apresentação da modelagem qualitativa como metodologia para promover a compreensão da estrutura e do funcionamento de sistemas (modelos conceituais), e possibilitar a representação do conhecimento com explicação de comportamento e previsão de resultados, sem o uso de dados numéricos. Apresentação do <i>DynaLearn</i> , diferenciando brevemente os seis níveis de complexidade.
<b>Materiais didáticos utilizados na Unidade:</b>	Questionário sobre o perfil dos alunos. <i>Power point</i> com apresentação do projeto e da modelagem qualitativa. Tutoria de instalação e uso do <i>DynaLearn</i> . Exemplos de modelos.
<b>Avaliações:</b>	Diálogo com os estudantes sobre as primeiras impressões da intervenção.
<b>Recursos</b>	
<b>Recursos do <i>DynaLearn</i></b>	<i>DynaLearn</i> físico (nos seis níveis de complexidade) e <i>DynaLearn</i> na versão Web.

<b>Unidade 2</b>	
<b>Tópico:</b>	Sistemas e Mapas conceituais.
<b>Objetivos:</b>	a) Elaborar mapas conceituais, ressaltando as relações e níveis hierárquicos entre conceitos. b) Definir os conceitos sobre sistemas e identificar sistemas.
<b>Procedimento</b>	
<b>Duração:</b>	3h40min (4 aulas de 55 minutos).
<b>Atividades a serem realizadas:</b>	Introdução aos mapas conceituais. Orientação para a construção de mapas conceituais e exemplos. Leitura de textos. Elaboração de mapas conceituais (manuscritos e em <i>DynaLearn</i> ). Introdução ao estudo de sistemas (Ambiente do sistema, limites, elementos do sistema, alças de retroalimentação, <i>input</i> e <i>output</i> ). Prática de construção de mapas conceituais.
<b>Materiais didáticos utilizados na Unidade:</b>	<i>Power point</i> para introduzir sistemas e mapas conceituais (definição, exemplificações, finalidade e ilustrações). Textos motivadores para a construção de mapas conceituais. Exercícios.
<b>Avaliações:</b>	(1) Construção de mapas conceituais.
<b>Recursos</b>	
<b>Recursos</b>	Plataforma de construção de mapas conceituais (LS1).

<b>Unidade 3</b>	
<b>Tópico:</b>	Modelagem qualitativa em LS2.
<b>Objetivos:</b>	Apresentar os componentes de modelos elaborados em LS2, demonstrar os efeitos de influências (+ e -) e construir cadeias de causalidade.
<b>Procedimento</b>	
<b>Duração:</b>	5h30min (6 aulas de 55 minutos).
<b>Atividades a serem realizadas:</b>	Apresentar os componentes do LS2 (Entidades, Quantidades, Configurações, Influências positivas, Influências negativas, Derivadas, Cenário e Expressão de modelo). Efeitos das influências positivas e negativas. Ambiguidade em modelos qualitativos. Identificar os componentes do LS2 e fazer simulações a partir de modelos verbais. Tradução de modelos verbais para modelos qualitativos. Construção e simulações de modelos. Exercícios.
<b>Materiais didáticos utilizados na Unidade:</b>	Modelos em LS2. Material escrito diferenciando os elementos de LS2. Textos motivadores. Exercícios.
<b>Avaliações:</b>	(1) Identificação de elementos de modelos em LS2 a partir de fragmentos de texto. (2) Construção e simulação de modelos em LS2. (3) Exercícios. (4) Avaliação de Pré-teste e Pós-teste.
<b>Recursos</b>	
<b>Recursos do DynaLearn</b>	LS2 de <i>DynaLearn</i> .

<b>Unidade 4</b>	
<b>Tópico:</b>	Modelagem qualitativa em LS3.
<b>Objetivos:</b>	Introduzir o conceito de magnitude, identificar elementos do LS3 a partir do modelo verbal, criar diagramas de influências.
<b>Procedimento</b>	
<b>Duração:</b>	1h50min (2 aulas de 55 minutos).
<b>Atividades a serem realizadas:</b>	Elementos do LS3 (noções de magnitude e tempo em modelos qualitativos; estados e Grafo de estados, trajetória e análise do comportamento pelo Diagrama da História de Valores das Quantidades, correspondências). Tradução do modelo verbal descritos em texto para modelos em LS3. Construção e simulações de modelos em LS3.
<b>Materiais didáticos utilizados na Unidade:</b>	Estudo de modelos em LS3. <i>Power point</i> (aula expositiva sobre elementos de LS3). Material escrito diferenciando os elementos de LS3. Textos motivadores.
<b>Avaliações:</b>	(1) Construção e simulação de modelos em LS3. (2) Exercícios de análise da Dinâmica de Sistemas simples.

<b>Recursos</b>	
<b>Recursos do DynaLearn</b>	LS3 de <i>DynaLearn</i> .

<b>Unidade 5</b>	
<b>Tópico:</b>	Modelagem qualitativa em LS4.
<b>Objetivos:</b>	Introduzir o conceito de processos e retroalimentação, identificar processos a partir do modelo verbal, fazer previsão de resultados, criar diagramas de influências, explicar fenômenos, Introduzir o <i>DynaLearn</i> na versão WEB.
<b>Procedimento</b>	
<b>Duração:</b>	16h30min (18 aulas de 55 minutos).
<b>Atividades a serem realizadas:</b>	<p>Introdução aos Processos (aula expositiva com exemplos do mundo real) e Representação de Processos com Taxas e Variáveis de estado por meio de Influências diretas.</p> <p>Diferença entre Influências diretas e Proporcionalidades qualitativas.</p> <p>Construção e simulações de modelo em LS4 (inicialmente sem retroalimentação e depois da aula expositiva sobre visão sistêmica entre as partes do mundo real, inserir a retroalimentação).</p> <p>Visão sistêmica versus Visão unidirecional.</p> <p>Representação e exercícios de simulação envolvendo processos com retroalimentação balanceadora e reforçadora (exemplos genéricos e do mundo real).</p> <p>Construção e simulações de modelos em LS4, por parte dos estudantes (introduzir desigualdades).</p> <p>Introdução à função Web.</p> <p>Ampliar modelos, do LS2 ao LS4, em uma única tela, na função Web e Propor soluções para possíveis situações problemas identificados.</p> <p>Identificação de processos, variáveis de estado e outros elementos a partir de textos motivadores.</p> <p>Análise de diagramas e matérias de jornal para implantação de modelos no <i>Dyna web</i>. Análise de simulações.</p> <p>Efeito das magnitudes e derivadas nas quantidades influenciadas.</p> <p>Desigualdades e cálculos qualitativos no <i>Dyna web</i>.</p> <p>Agentes e variáveis exógenas.</p> <p>Prática de modelagem.</p>
<b>Materiais didáticos utilizadosna Unidade:</b>	<p>Textos motivadores.</p> <p>Diagramas de livros/imagens.</p> <p>Modelos em LS4.</p> <p><i>Power point</i> (aula expositiva sobre processos; exemplos de visão unilateral de sistemas; visão sistêmica com mecanismos de retroalimentação).</p> <p>Exercícios (Identificar problemas. Implantar soluções de problemas, e produzir explicações sobre o comportamento do sistema. Previsão de resultados de simulações. Identificação das relações de influência que atuam no comportamento de sistemas dinâmicos. Descrição do funcionamento do sistema. Diferenciação dos elementos básicos de um sistema dinâmico, especialmente entre taxas e variáveis de estado, manipulação de mecanismos de retroalimentação).</p>

<b>Avaliações:</b>	(1) Mapas conceituais. (2) Exercícios. (3) Avaliações com Pré-teste e Pós-teste.
<b>Recursos</b>	
<b>Recursos do DynaLearn</b>	<i>DynaLearn e Dyna web.</i>

<b>Unidade 6</b>	
<b>Tópico:</b>	Projeto de modelagem.
<b>Objetivos:</b>	Construir modelos sobre temas de Ciências Naturais e da Terra utilizando a abordagem baseada em processos. Os modelos devem ser construídos em <i>DynaLearn</i> ou em <i>Dyna web</i> .
<b>Procedimento</b>	
<b>Duração:</b>	11h (12 aulas de 55 minutos).
<b>Atividades a serem realizadas:</b>	<p>Formar grupos de trabalho e definir o subsistema para modelagem.</p> <p>Fazer levantamento de materiais (diagramas, matérias de jornais, livros didáticos, sítios na web) sobre o assunto.</p> <p>Reunir informações importantes sobre o assunto.</p> <p>Estabelecer o que vai ser modelado, porque e como.</p> <p>Produzir um texto e/ou um mapa conceitual sobre os conceitos relevantes do que será modelado.</p> <p>Apresentação dos temas por meio dos mapas conceituais.</p> <p>A partir dos textos e/ou mapas produzidos, identificar os objetos e relações entre os objetos do sistema a ser modelado.</p> <p>Analisar o comportamento global que o modelo deverá capturar.</p> <p>Identificar variáveis (quantidades), os processos envolvidos no sistema a ser modelado e estabelecer valores para as quantidades.</p> <p>Descrição e representação dos processos no sistema.</p> <p>Iniciar a construção de partes do modelo.</p> <p>Estabelecer as relações de influência direta e indireta (uso dos Is e Ps) e verificar resultados.</p> <p>Adequar/corrigir possíveis incoerências no modelo (unidades, tempo, direção de setas, inconsistências nos resultados).</p> <p>Confirmar os resultados alcançados na simulação.</p> <p>Documentação do modelo em cartazes (registro do modelo com apresentação de objetivo do modelo, pressupostos adotados, resultados alcançados, comportamento do sistema, limitações e possíveis ampliações do modelo).</p>
<b>Materiais didáticos utilizados na Unidade:</b>	<p>Livros didáticos e paradidáticos.</p> <p>Matérias de jornais.</p> <p>Sítios da internet.</p> <p>Mapa conceitual.</p>
<b>Avaliações:</b>	(1) Modelos produzidos em <i>DynaLearn</i> físico e em <i>Dyna web</i> . (2) Produção de cartazes com informações gerais do tema modelado.
<b>Recursos</b>	
<b>Recursos do DynaLearn</b>	<i>Dyna web e DynaLearn físico.</i>

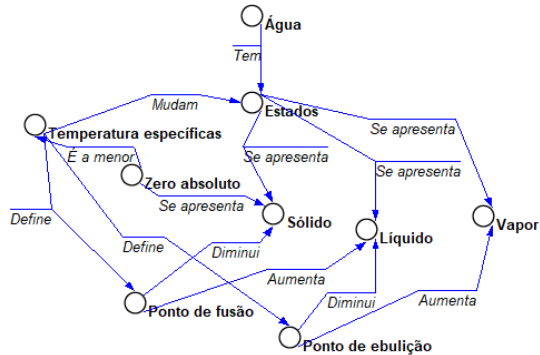
**APÊNDICE J – IDENTIFICAÇÃO DOS MODELOS TRABALHADOS EM  
CADA ESPAÇO DE APRENDIZAGEM DE DYNALearn**

<b>Espaço de aprendizagem</b>	<b>Modelos trabalhados</b>
LS1	1- Estados físicos da água; 2- Poluição dos Rios 3- Desequilíbrio ecológico; 4- Algas; 5- Aquecimento Global. 6- Ciclo da água.
LS2	1- Orla do Lago; 2- Efeitos da temperatura na agregação das moléculas; 3- Árvore e sombra; 4- Economia de água; 5- Desperdício de água; 6- Economia e Desperdício de água; 7- Bloom de Algas; 8 – Modelo do desmatamento; 9- Investimento financeiro para despoluição; 10- Educação Ambiental para despoluição; 11 – Educação Ambiental e investimento financeiro para despoluição. 12- Modelo da visão dos conservadores da madeira; 13- Modelo da visão dos exploradores da madeira.
LS3	1- Transição dos estados físicos da água com o aumento da temperatura; 2- Transição dos estados físicos da água com a diminuição da temperatura; 3- Economia e Desperdício de água; 4- Efeitos da temperatura na agregação das moléculas;
LS4	1- Modelo do saldo bancário; 2- Dinâmica populacional; 3- Modelo da Imigração; 4- Modelo da Emigração; 5- Emissão de poluentes; 6 - Manejo do Lago; 7- Modelo da População de Sapo-Cururu; 8- Modelo da Produção de Energia; 9 - Modelo da Evaporação; 10- Modelo da Precipitação; 11- Modelo da Evapo-precipitação; 12- Modelo da Evapo-condensação e Precipi- evaporação; 13- Modelo da evaporação, condensação e Precipitação de água; 14- Modelo da Condensação; 15- Modelo da infiltração; 16- Modelo da infiltra-transpiração; 17- Modelo da solidificação; 18 – Modelo da fusão 19- Modelo do ciclo da água linear; 20 - Modelo da evaporação com trocas de energia; 21- Modelo da condensação com trocas de energia; 22- Modelo da fusão com trocas de energia; 23- Modelo da solidificação com trocas de energia; 24- Modelo da Tempestade; 25- Modelo do desmatamento e cobertura vegetal; 26- Modelo da formação de chuva; 27- Modelo da formação do granizo; 28- Modelo do escoamento superficial; 29- Modelo do escoamento e sedimento; 30- Deslocamento de água no subsolo para os corpos hídricos; 31- Efeitos da infiltração na área urbana; 32- Modelo da Evaporação pelo suor.

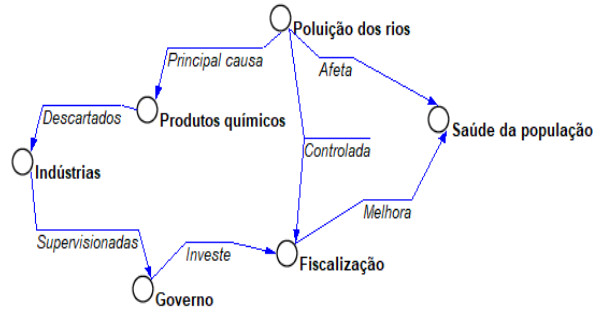
APÊNDICE K – MODELOS QUALITATIVOS DESENVOLVIDOS

MODELOS EM LS1

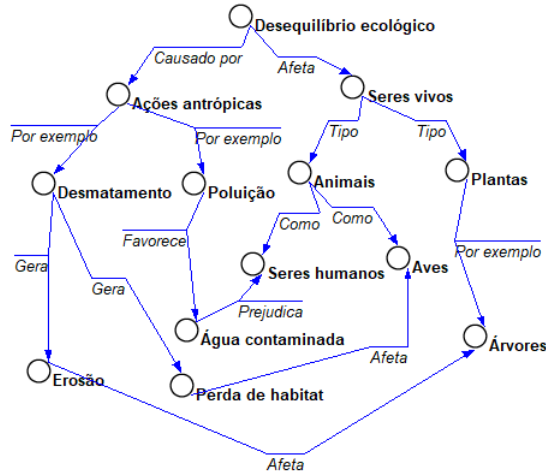
Modelo dos Estados físicos da água.



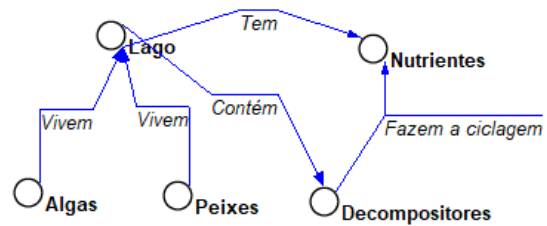
Modelo da Poluição dos Rios.



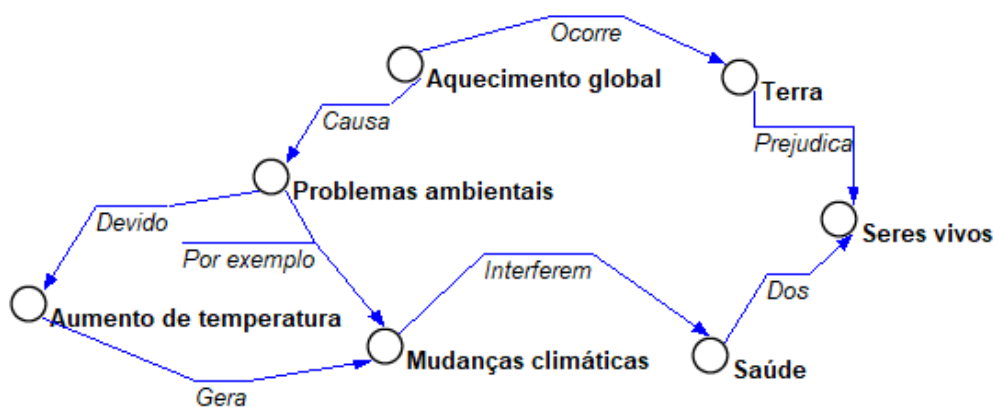
Modelo do Desequilíbrio ecológico.



Modelo das Algas.

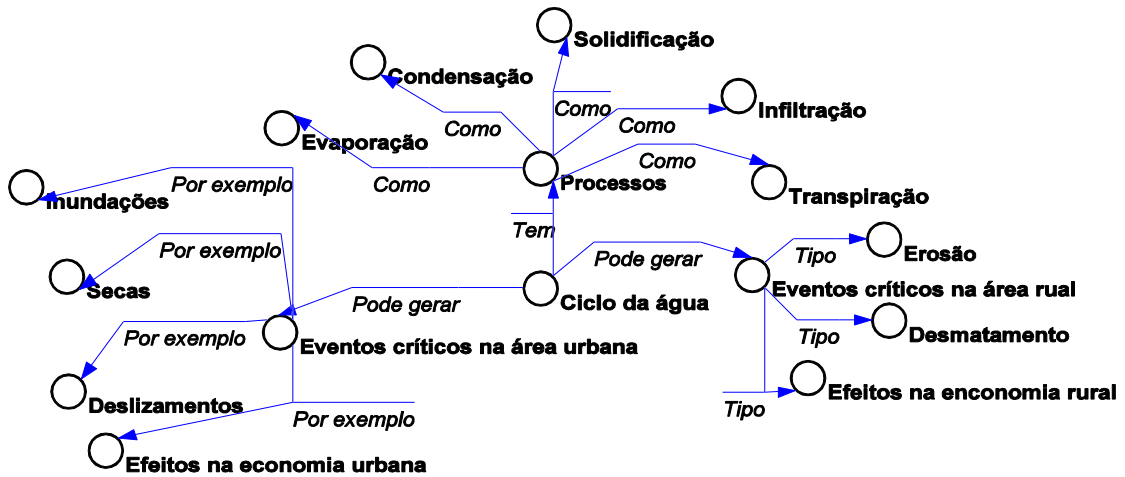


Modelo do Aquecimento Global



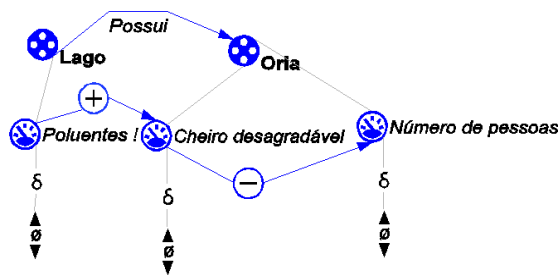


### Modelo do Ciclo da água

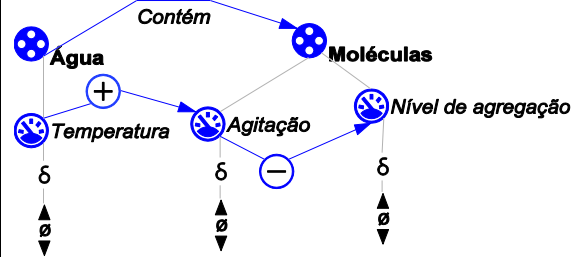


### MODELOS EM LS2

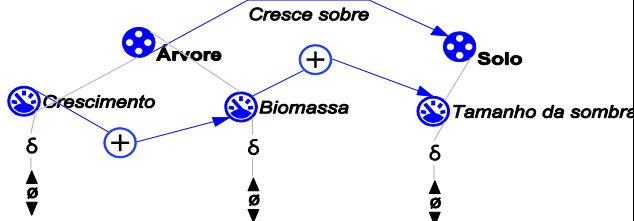
#### Modelo Orla do lago



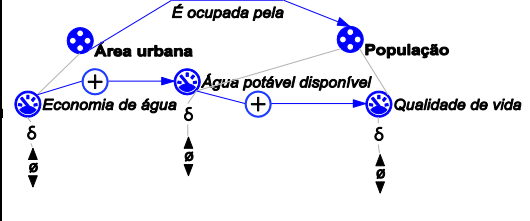
#### Efeitos da temperatura na agregação das moléculas



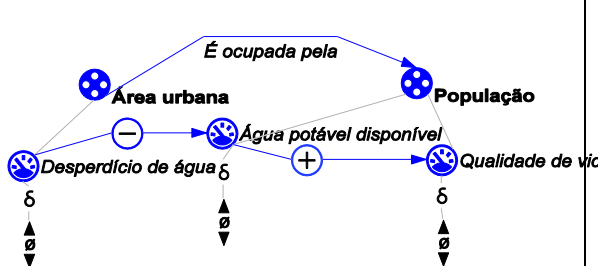
#### Modelo "Árvore e sombra".



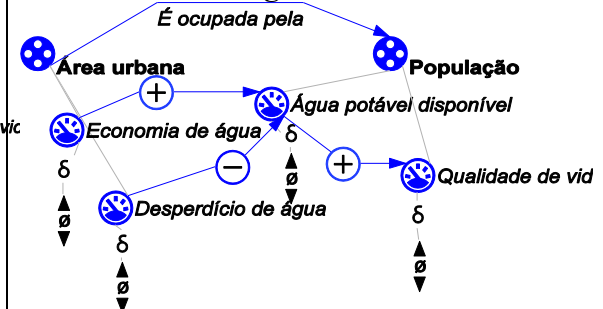
#### Modelo "Economia de Água".



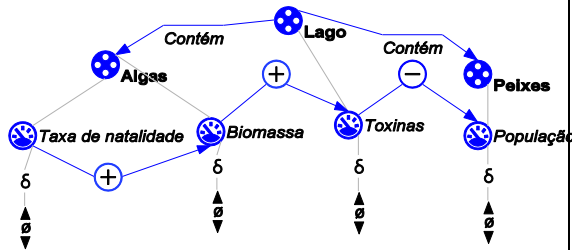
#### Modelo "Desperdício de água".



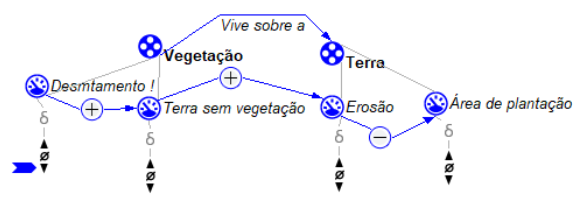
#### Modelo "Economia e Desperdício de água".



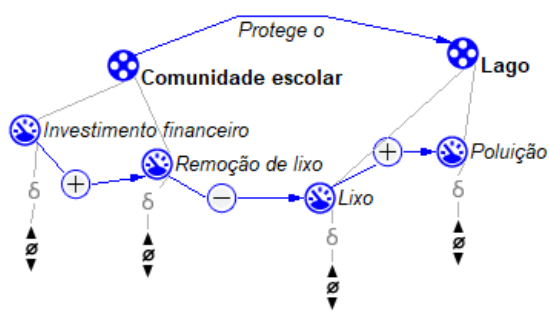
**Modelo “Bloom de Algas”.**



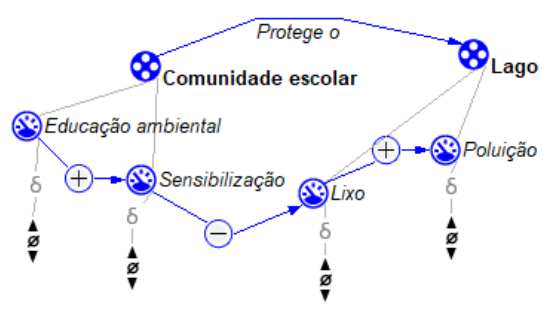
**Modelo do desmatamento.**



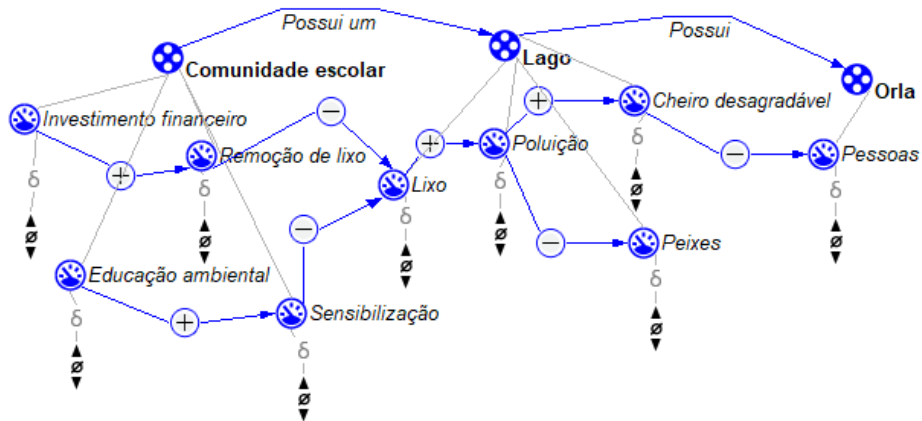
**Modelo “Investimento financeiro para despoluição”.**



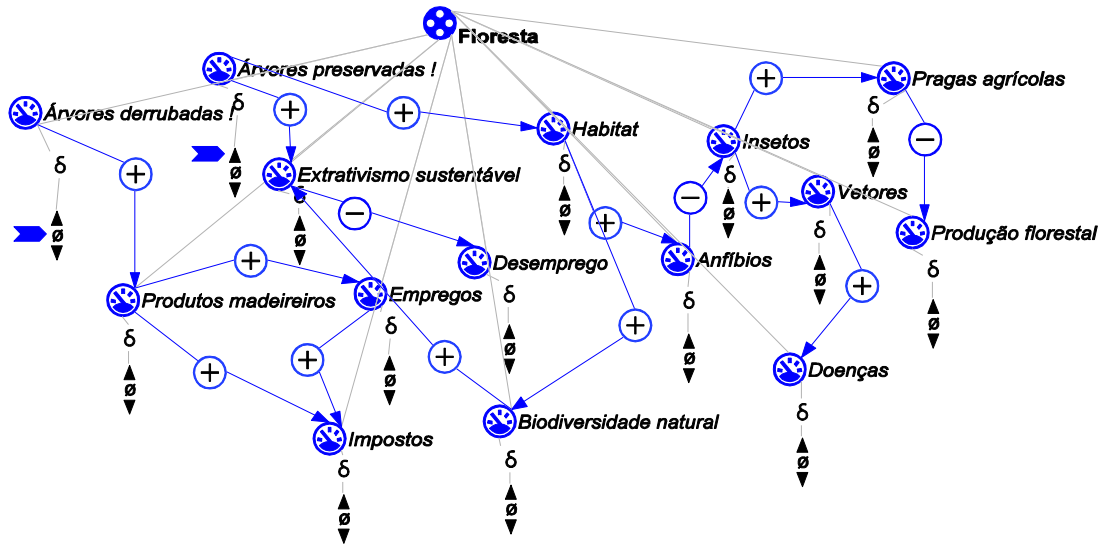
**Modelo “Educação Ambiental para despoluição”.**



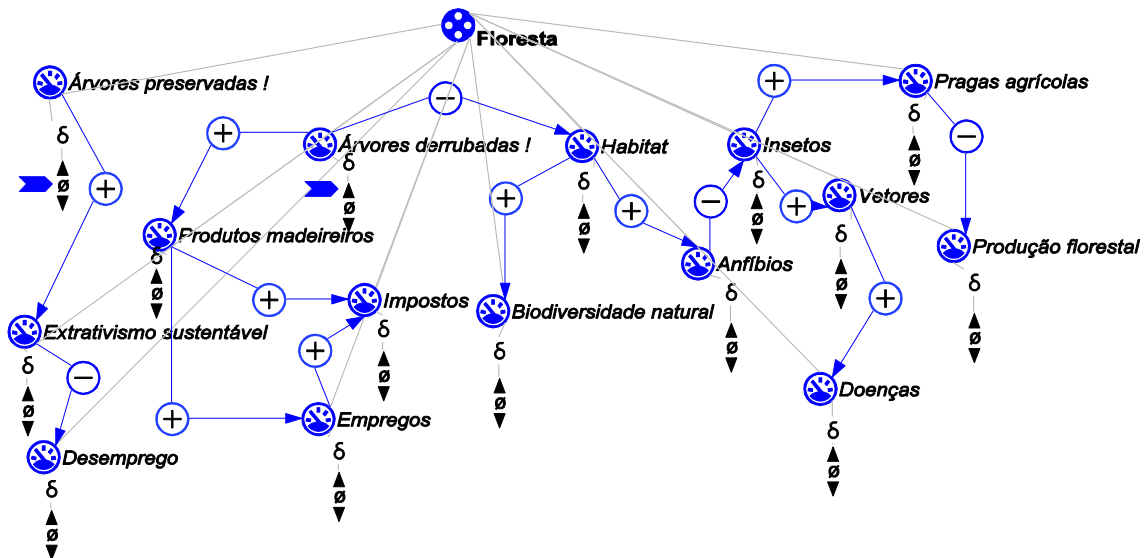
**Modelo “Educação Ambiental e investimento financeiro para despoluição”.**



**Modelo da visão dos conservadores da madeira.**

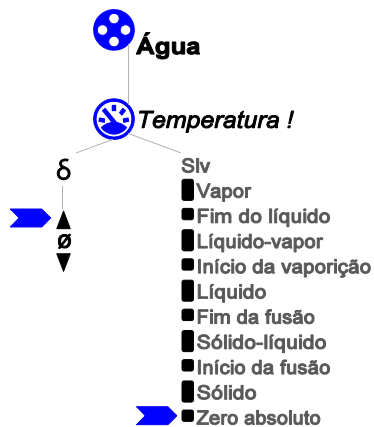


Modelo da visão dos exploradores da madeira.

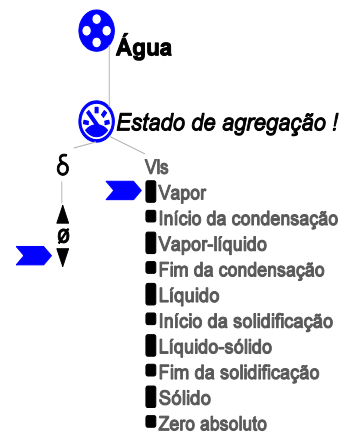


### MODELOS EM LS3

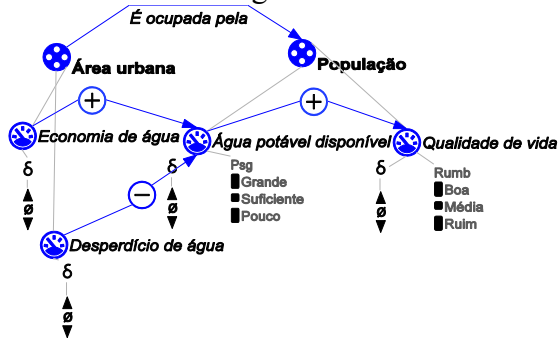
Modelo da transição dos estados físicos da água com aumento da temperatura.



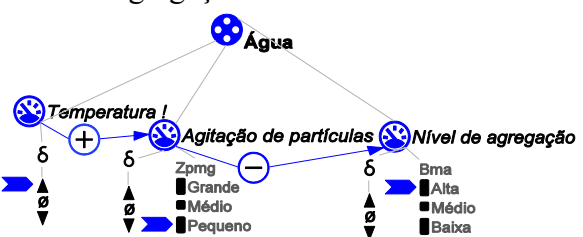
Modelo da transição dos estados físicos da água com a diminuição da temperatura.



Modelo “Economia e desperdício de água”.

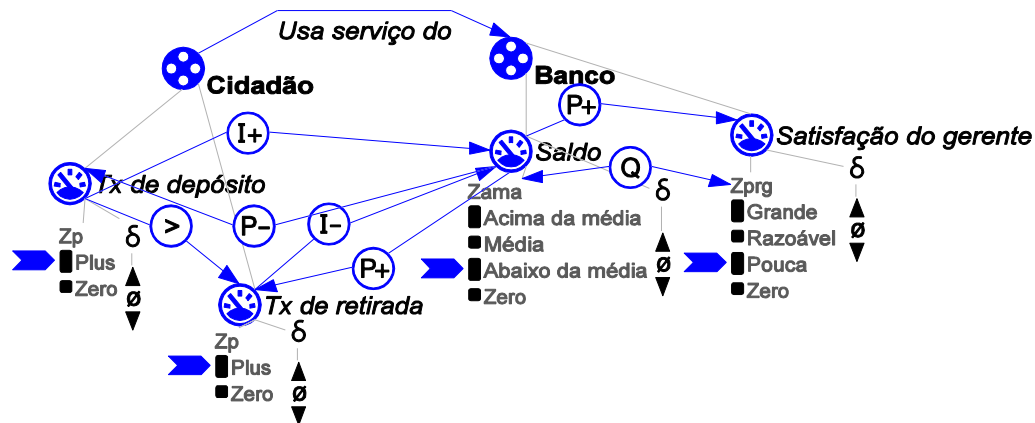


Modelo “Efeitos da temperatura na agregação das moléculas”.

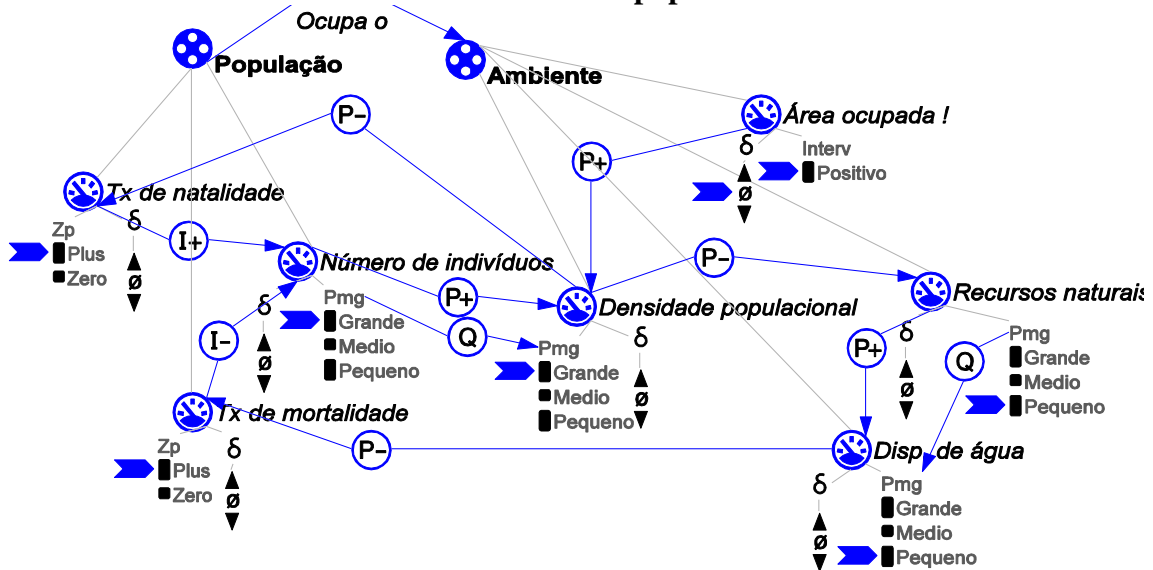


MODELOS EM LS4

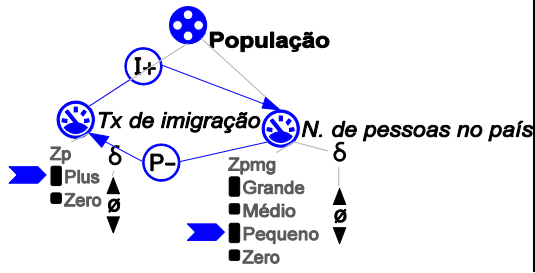
Modelo do Saldo Bancário



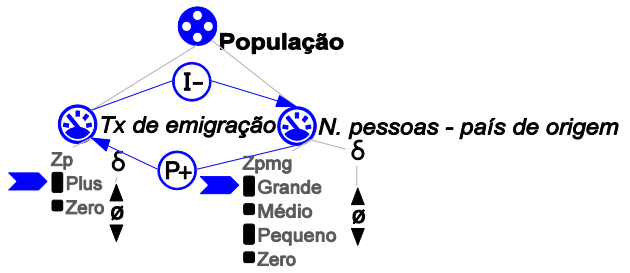
Modelo da Dinâmica populacional



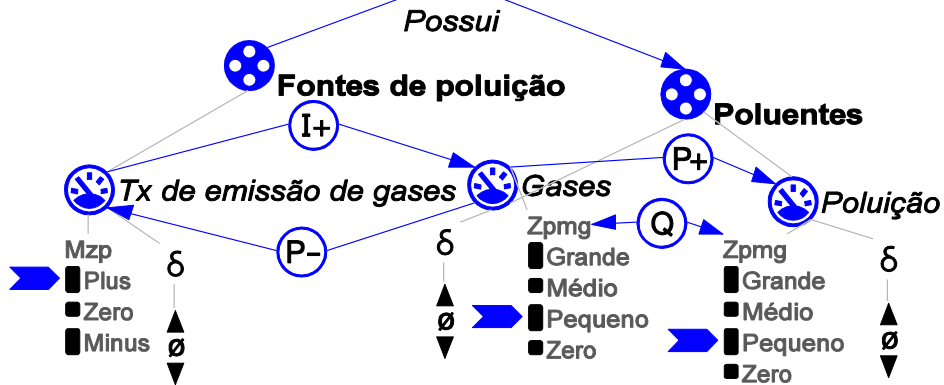
**Modelo do Processo da imigração**



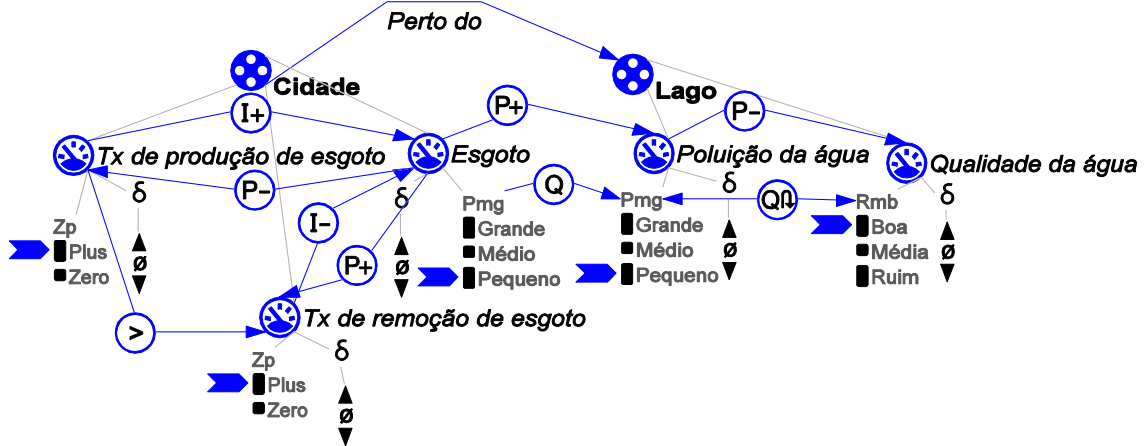
**Modelo do Processo da emigração**



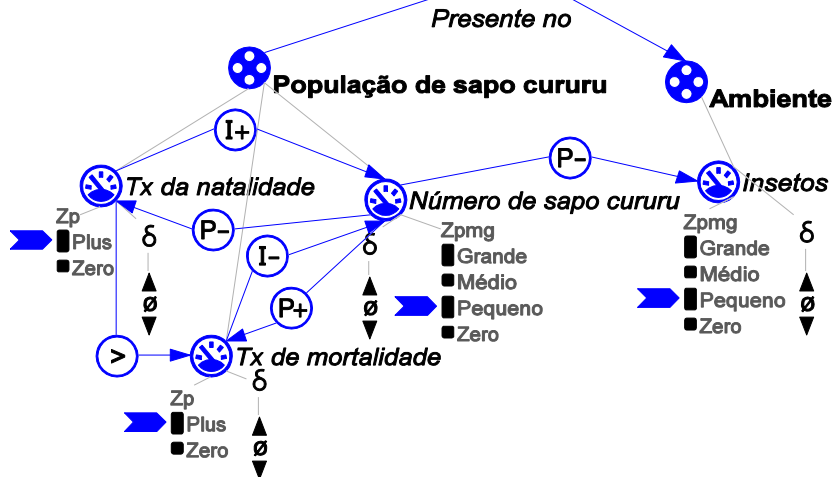
**Modelo da emissão de poluentes**



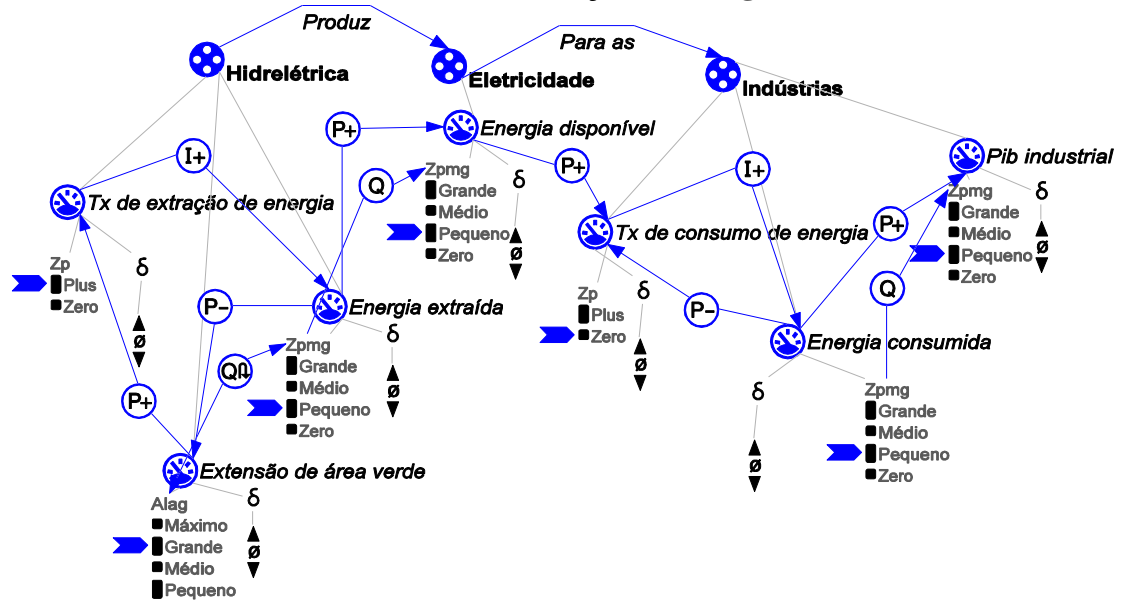
**Modelo Manejo do lago**



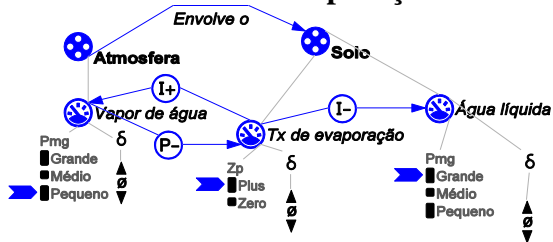
**Modelo da população do sapo cururu**



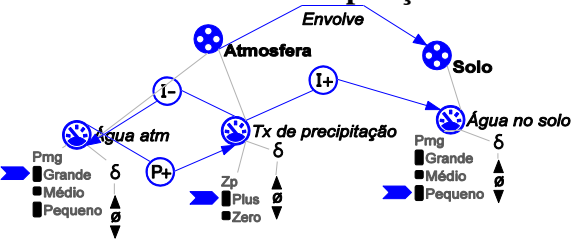
### Modelo da Produção de energia



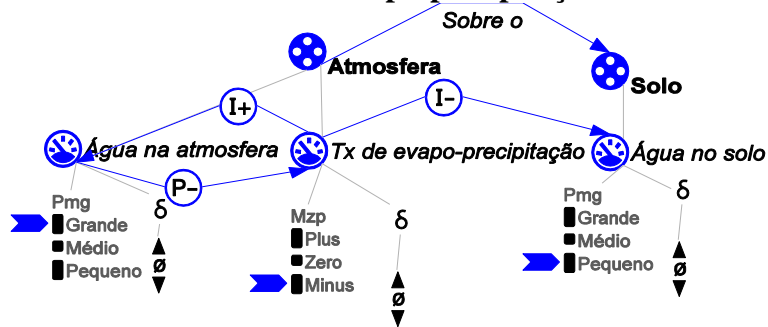
### Modelo da Evaporação



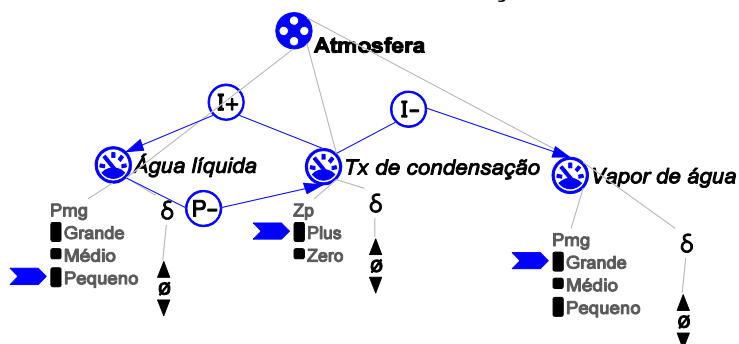
### Modelo da Precipitação



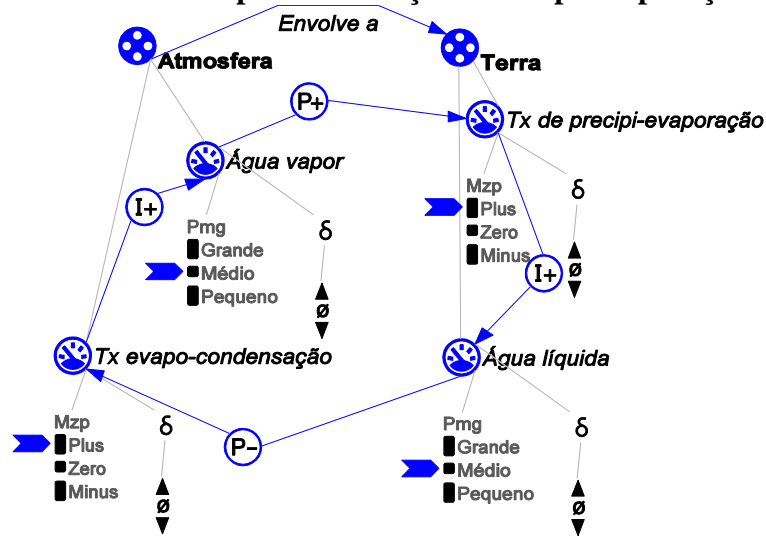
### Modelo da Evapo-precipitação



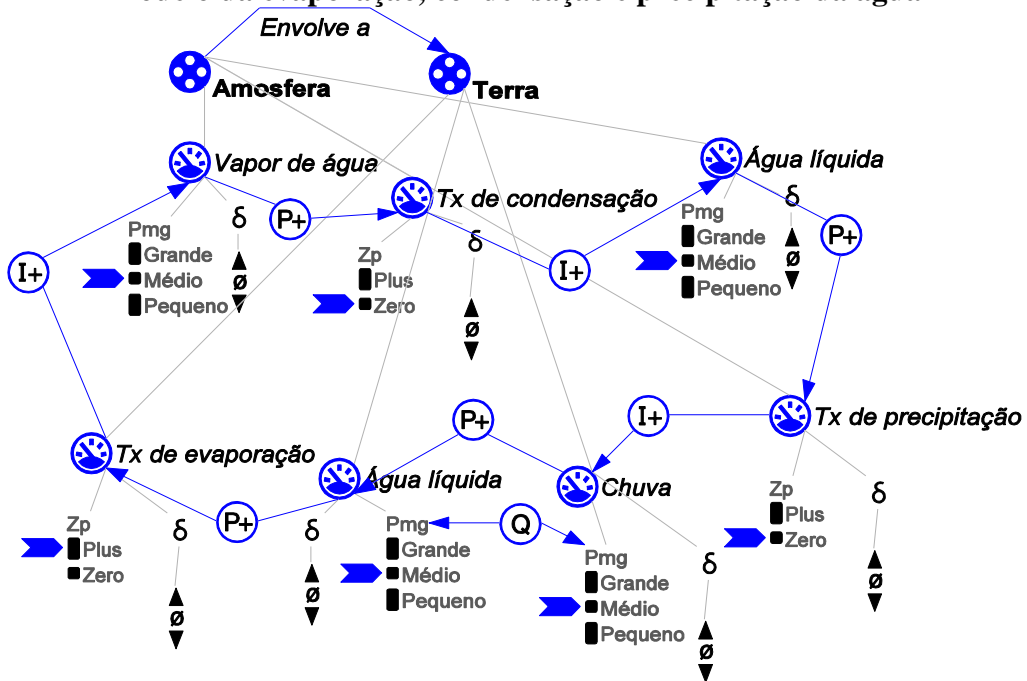
### Modelo da Condensação



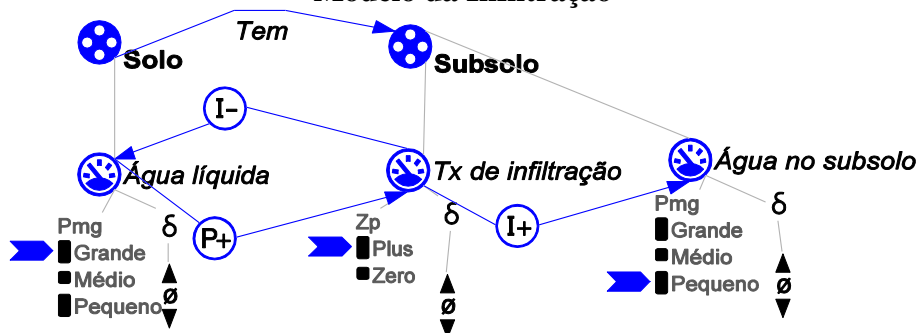
### Modelo da Evapo-condensação e Precipi-evaporação



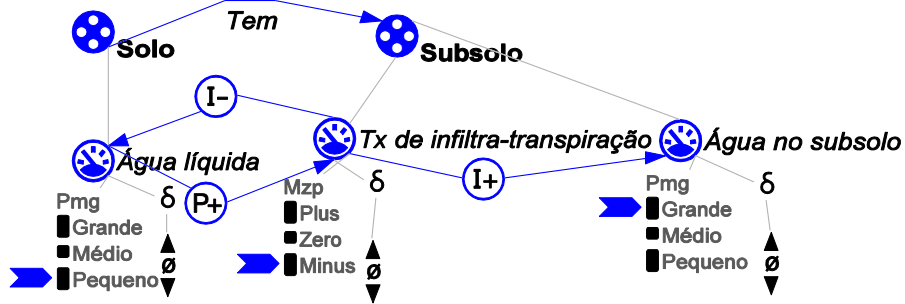
### Modelo da evaporação, condensação e precipitação da água



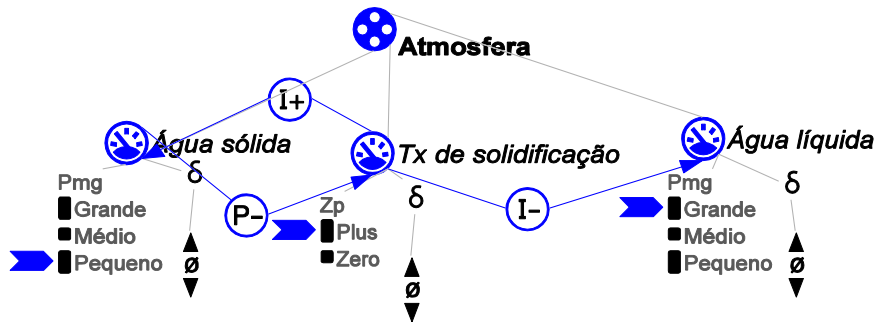
### Modelo da Infiltração



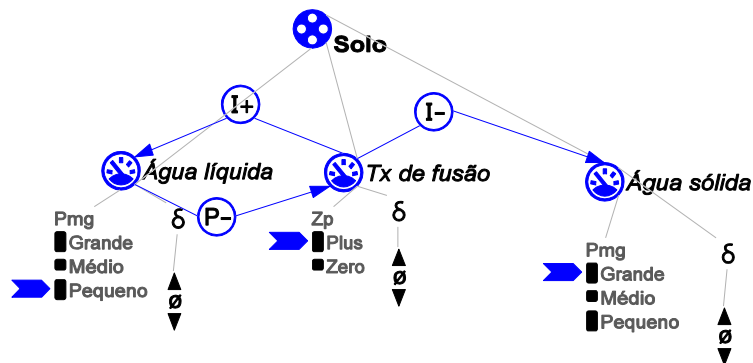
### Modelo da Infiltra-transpiração



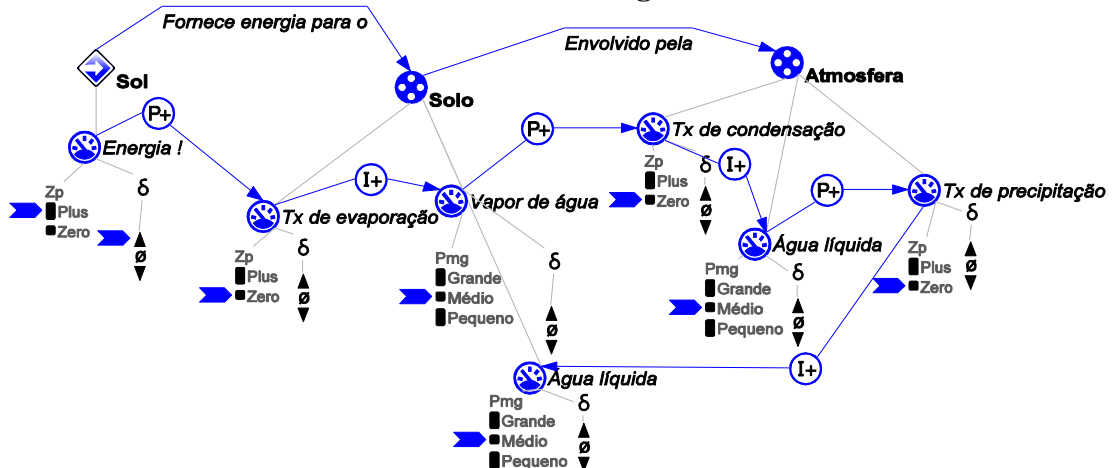
### Modelo da solidificação



### Modelo da fusão

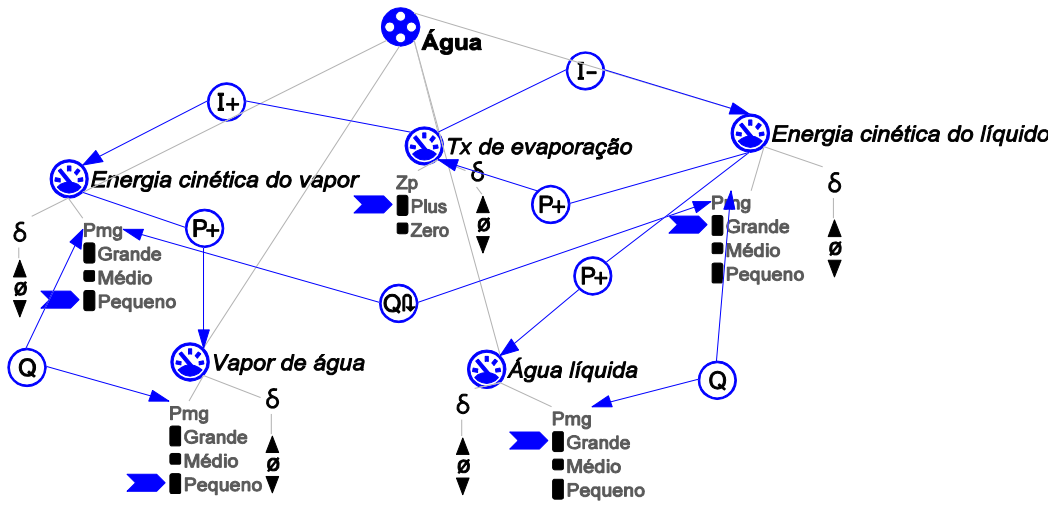


### Modelo do Ciclo da água linear

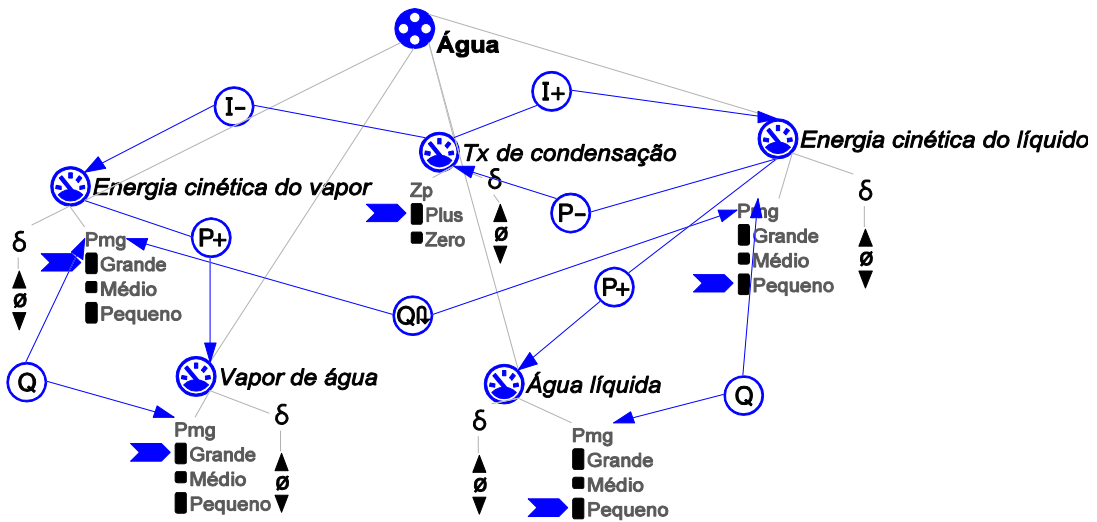




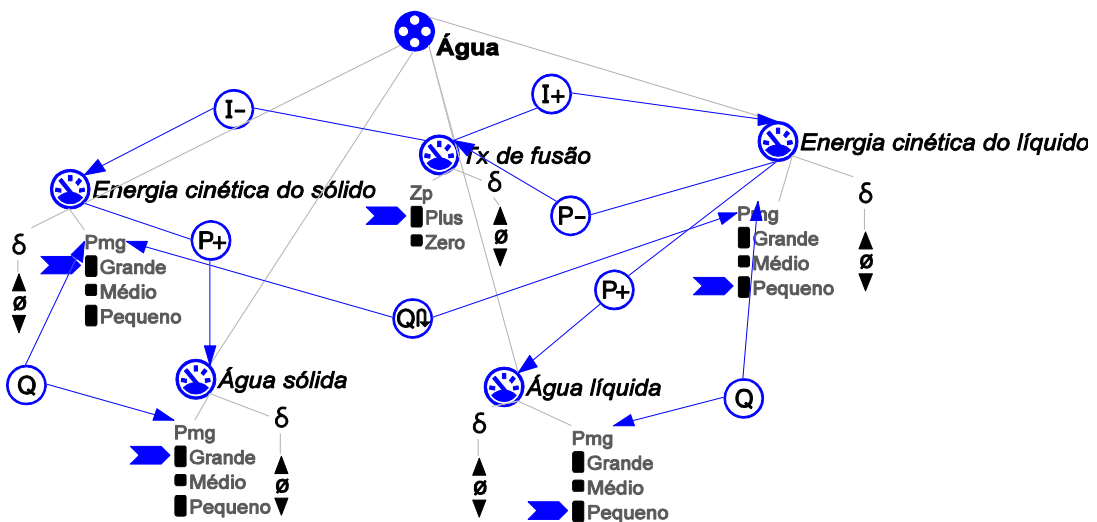
### Modelo da Evaporação com trocas de energia



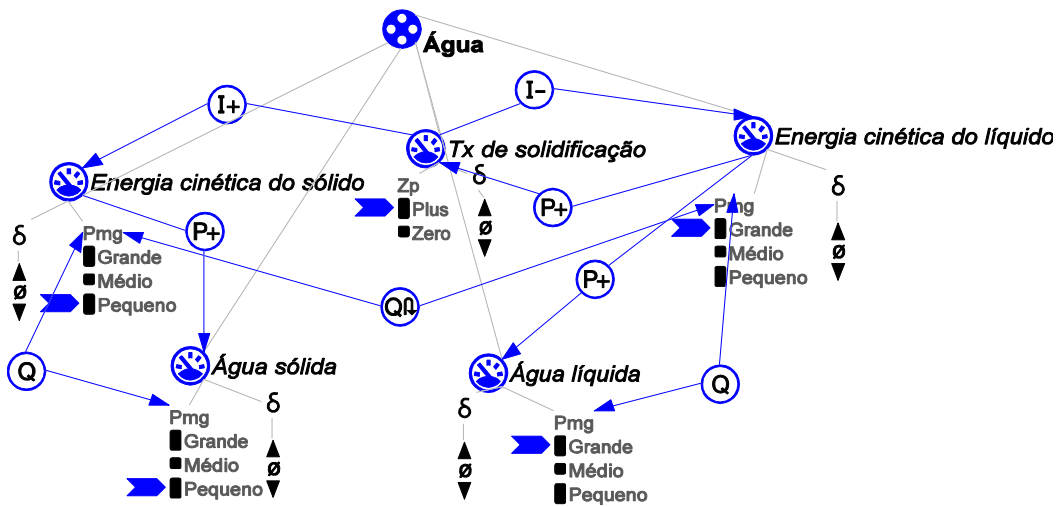
### Modelo da condensação com trocas de energia



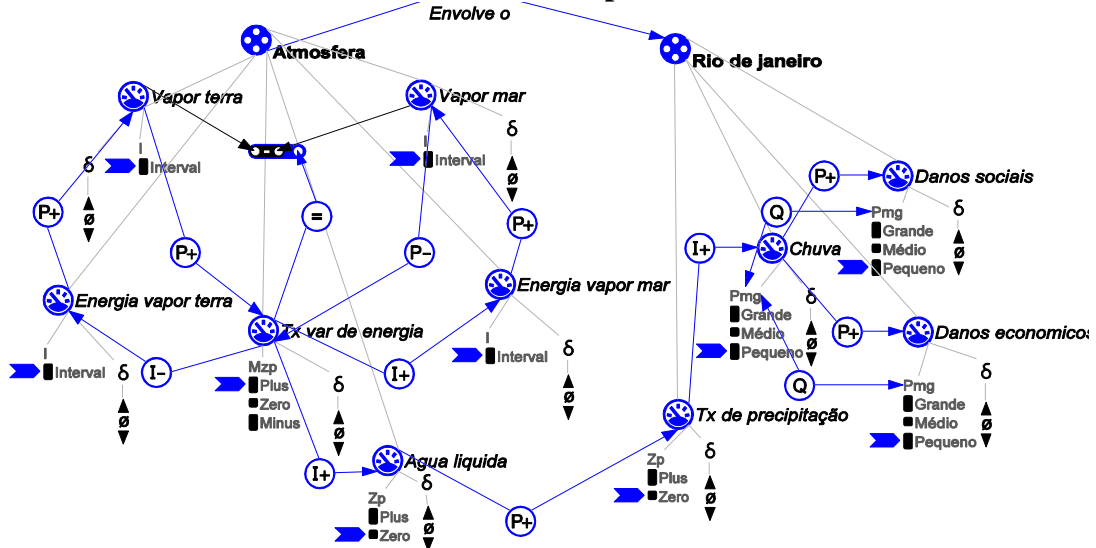
### Modelo da fusão com trocas de energia



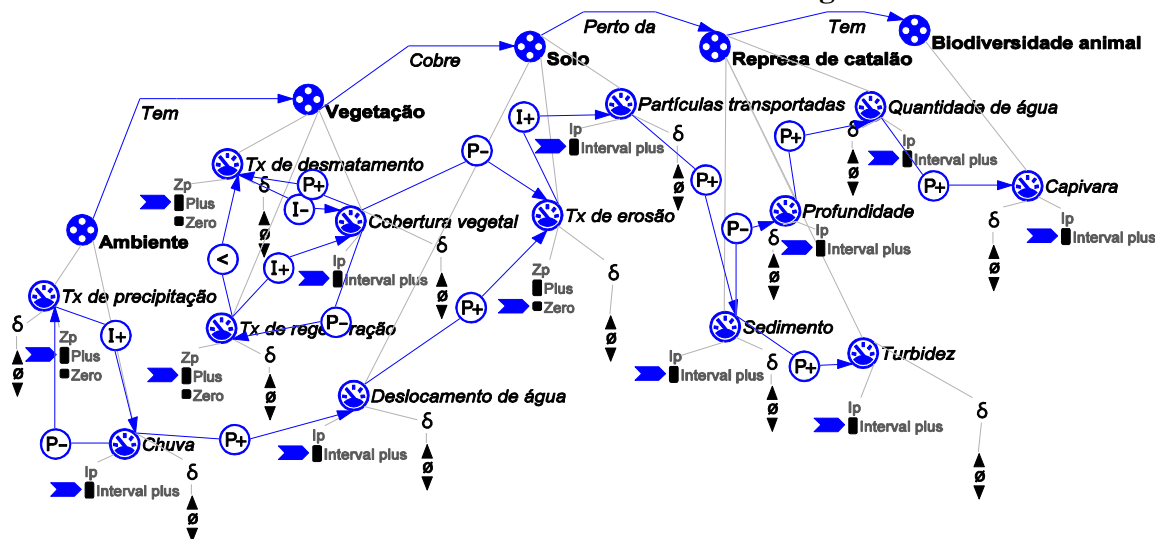
### Modelo da solidificação com trocas de energia



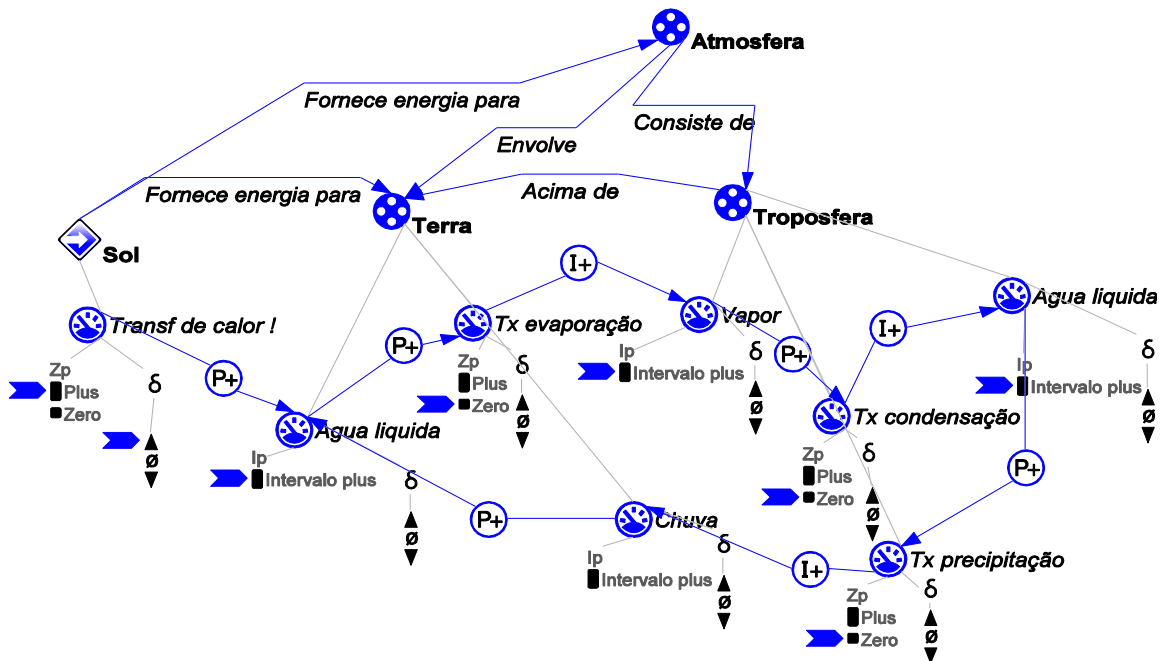
### Modelo da Tempestade



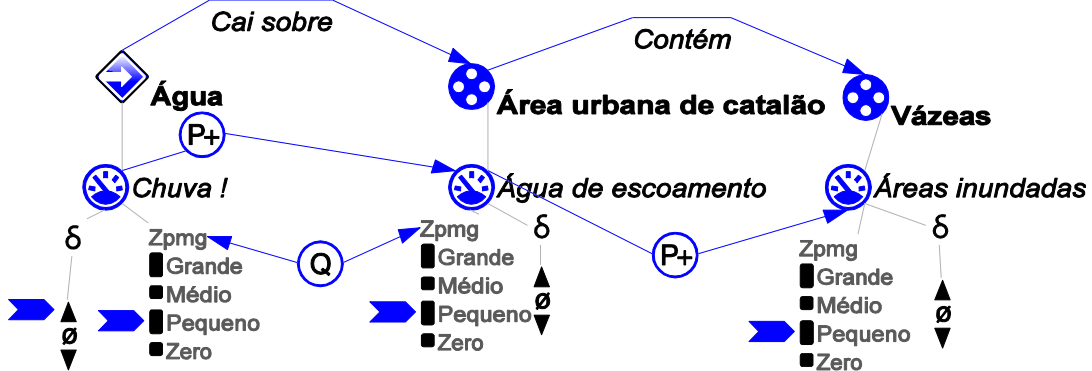
### Modelo do desmatamento e cobertura vegetal



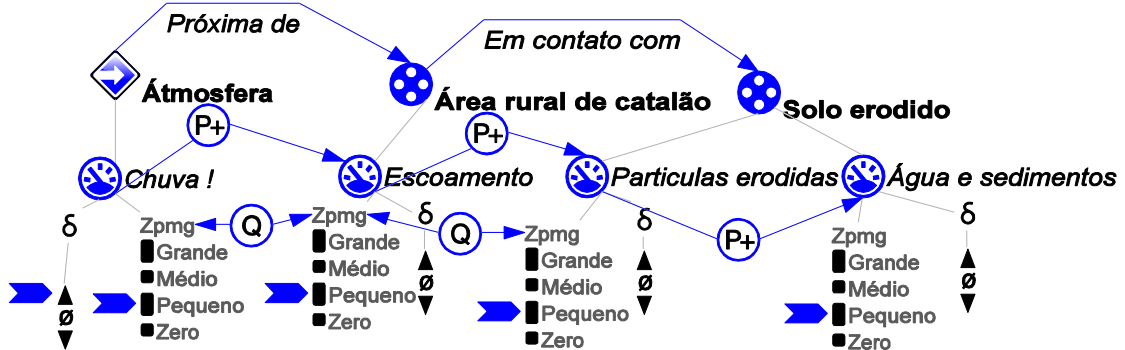
### Modelo da Formação de Chuva



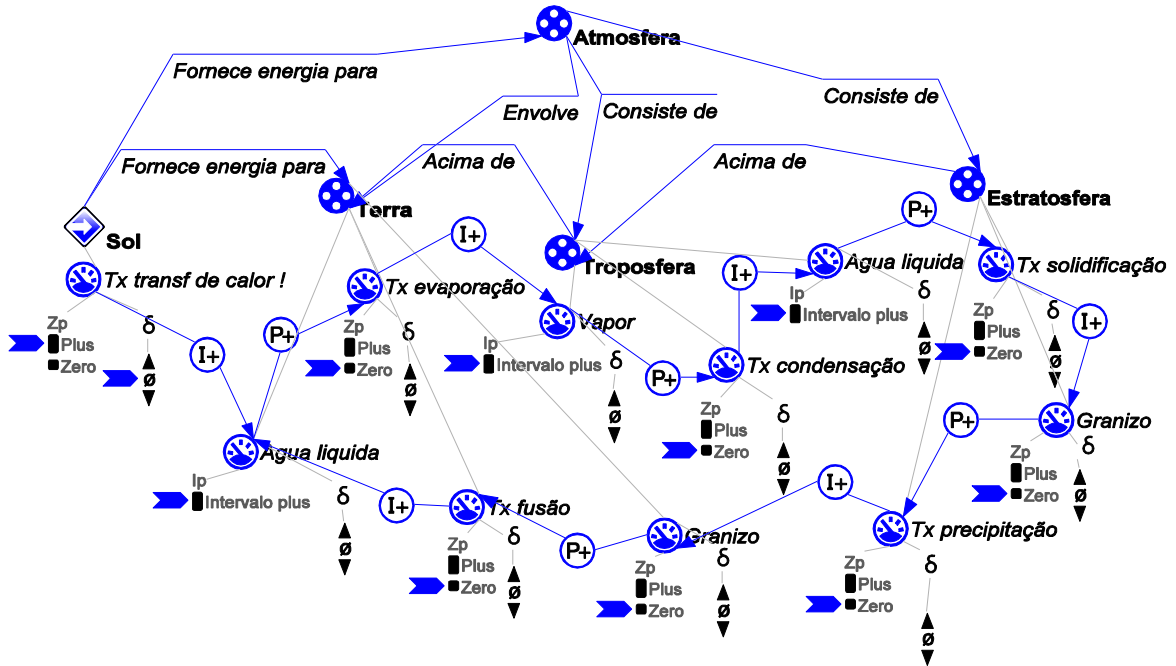
### Modelo do escoamento superficial



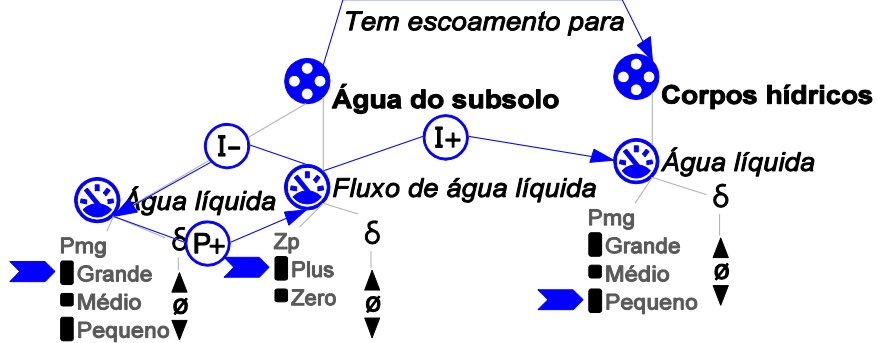
### Modelo do escoamento e sedimento



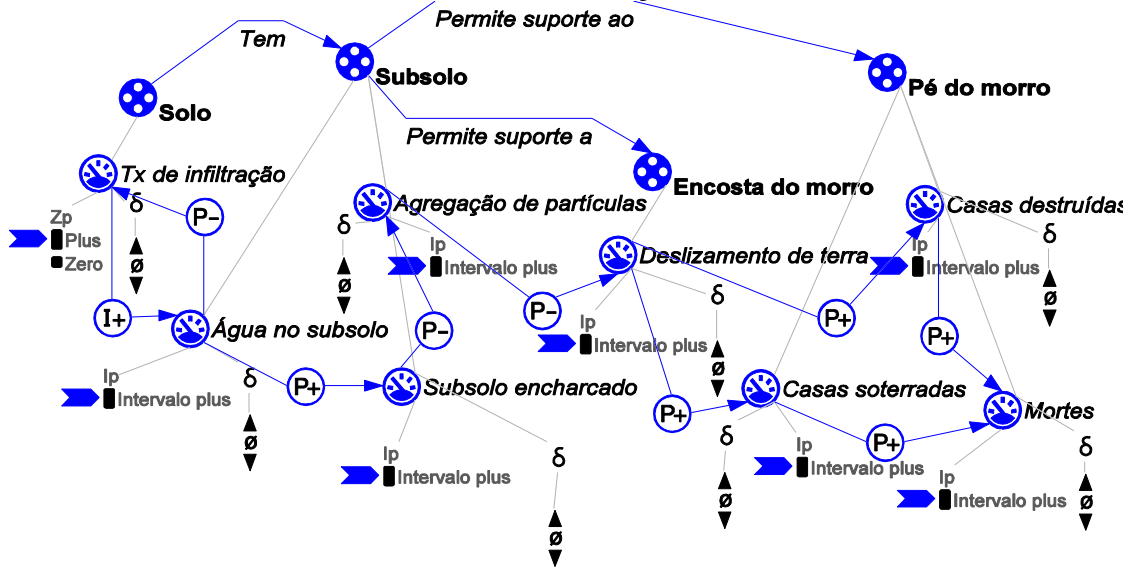
### Modelo da formação do Granizo



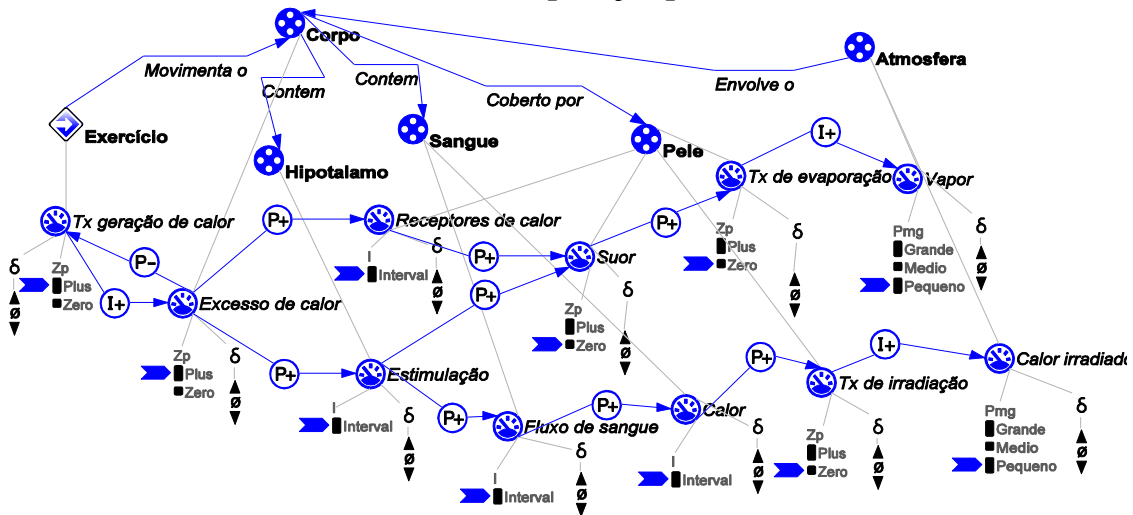
### Modelo do deslocamento de água no subsolo para os corpos hídricos.



### Modelo dos Efeitos da infiltração na área urbana



### Modelo da Evaporação pelo suor



**APÊNDICE L -**  
**RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NA SEÇÃO 4 DO QUESTIONÁRIO FINAL-**  
**TURMA A**

Respostas da questão 1 - Dificuldades na construção de modelos em LS2 e em LS3.

<b>Estudante</b>	<b>Comentário</b>
E1A	Eu não achei nenhuma dificuldade nesses dois LSs.
E2A	Não tive dificuldades em construir modelos em LS2 e em LS3.
E4A	Em geral não encontrei dificuldades com a ótima explicação do Professor Paulo Vitor. Exceto pelo uso da plataforma física que tem funções precárias e se encontra bastante anacrônico. No LS3, por conta das configurações complexas, houve dificuldades na formação de magnitudes.
E7A	Algumas vezes tive dificuldade em identificar quando colocar + ou - entre as quantidades.
E8A	No LS3 minha única dificuldade foi entender os espaços quantitativos. No LS2 não tive dificuldades.
E9A	Entender os conceitos de influências.
E10A	Os dois modelos [a aluna se referiu a 'níveis'] foram fáceis. No LS3 entrou com as ambiguidades e que trouxe uma maior amplitude pro sistema, mas foi de fácil compreensão.
E12A	Não encontrei muitas dificuldades. No início foi difícil, mas depois ficou bem fácil, pois só faltava prática.
E13A	Senti apenas um pouco [a aluna se refere a um pouco de dificuldades] nas influências negativas.
E15A	Nenhuma. Mas a influência negativa é confusa, no início.
E16A	No LS2 eu não encontrei dificuldades. Achei bem simples e prático. Já no LS3 no começo fiquei um pouco confuso com as magnitudes.
E17A	Interpretar o modelo com influência negativa.
E19A	Entender como funcionava o <i>DynaLearn</i> era a parte mais demorada de entender, como inserir e compreender as quantidades e além disso, deixar tudo no seu devido lugar.
E20A	Em desenvolver modelos a partir de textos e entender as influências negativas.
E22A	Não achei nenhum [seria nenhuma dificuldade].

Repostas da questão 2 – entendimento dos estudantes sobre Influência direta.

<b>Estudante</b>	<b>Resposta</b>
E1A	Mostra processos.
E2A	É o fluxo que adiciona ou retira algo em função do tempo.
E4A	É quando uma entidade (seja fenômeno da natureza, ou agente responsável) acaba exercendo mudanças em outra característica de outra entidade.
E7A	É quando devemos usar I+ ou I- para representar processos.
E8A	São os Is (I+ e I-), usados entre valores do estoque e Taxa.
E9A	Não meu lembro exatamente, mas mostra processos.
E10A	É a influência que adiciona ou retira valores do estoque.
E12A	É quando uma entidade influencia diretamente em outra.
E13A	Que a influência direta tem como proposto adicionar ou retirar valores em seu estoque.
E15A	É o I+ e I- que liga aos estoques diretamente, negativamente ou positivamente.

E16A	Existem dois tipos: I+ que significa somar durante um certo tempo e I- que significa diminuir durante um certo tempo. Eles representam os processos do sistema.
E17A	É quando uma quantidade exerce influência em outra quantidade em função do tempo.
E19A	A influência direta é o que usa para ligar as taxas em um modelo. Pode ser influência direta afirmativa ou negativa.
E20A	Que ele tem como proposta demonstrar o efeito causado negativamente ou positivamente pelo processo.
E22A	Que usa da taxa para o estoque.

Respostas da questão 3 - Diferenças entre Taxas e Estoque.

Estudantes	Respostas
E1A	As Unidades são diferentes.
E2A	A taxa adiciona algo em função do tempo e o estoque recebe o que foi adicionado, sempre por um período de tempo.
E4A	Taxas são influências que funcionam através do tempo, os estoques são as quantidades influenciadas.
E7A	Taxa é um valor por unidade de tempo. Estoque ou variável de estado não tem medida de tempo.
E8A	Taxa é a influência que tem no estoque. Estoque sofre as consequências da Taxa. As unidades de medidas também são diferentes.
E9A	Taxa varia durante o tempo e o estoque não.
E10A	Taxa é o processo que está sendo executado com determinada frequência e que vai inserir ou retirar valores do estoque. O estoque é o resultado dos processos das taxas.
E12A	Taxa é o que influencia o estoque.
E13A	Taxa está relacionada a processos, que vai fazer a mudança no estoque. Elas tem que estar iguais no sistema de medidas. Mas o tempo é relacionado apenas a taxa.
E15A	Taxa varia de acordo com o tempo e estoque não varia de acordo com o tempo.
E16A	Taxa é um valor por unidade de tempo. Já o estoque ou variável de estado possui a mesma unidade de medida, porém sem o tempo.
E17A	Unidades de medidas.
E19A	Taxa varia de acordo com o tempo e o estoque não.
E20A	Difere que uma é em função do tempo e a outra não.
E22A	O estoque está sendo influenciado pela taxa. A taxa é relacionada ao tempo. O estoque tem a mesma unidade, mas sem o tempo.

Respostas da questão 4 – entendimento dos estudantes sobre Retroalimentação.

Estudante	Resposta
E1A	É a ação de um objeto que teve uma reação que atuou sobre o mesmo objeto inicial.
E2A	Um mecanismo de controle das quantidades, e tem dois tipos que são a balanceadora e a reforçadora.
E4A	Retroalimentação são influências que reforçam ou balanceiam outras quantidades.
E7A	Mecanismo nos quais a ação de um objeto (ou propriedade desse objeto) provoca reações que terminam por atuar sobre esse mesmo objeto que causou a reação inicial.

E8A	É um tipo de ação balanceadora ou reforçadora no sistema.
E9A	É difícil explicar, pois, foi um ponto de muita dificuldade de entendimento para mim. Mas lembro que tem duas retroalimentações, a que reforça e a que balanceia o processo.
E10A	Uma ação que balanceará ou reforçará o processo.
E12A	É uma influência que vai reforçar ou balancear o modelo.
E13A	É o mecanismo de controle do sistema.
E15A	É usada entre quantidades para reforçar ou balancear o sistema.
E16A	São mecanismos em que a ação de um objeto (ou propriedade desse objeto) provoca reações que terminam por atuar sobre esse mesmo objeto que causou a reação inicial.
E17A	Não sei.
E19A	Existe a retroalimentação balanceadora e a retroalimentação reforçadora. É um mecanismo de controle das quantidades.
E20A	É o retorno da informação ou do processo ocorrido no sistema.
E22A	É um mecanismo que vai balancear ou reforçar o sistema.

Respostas da questão 5 –*DynaLearn* físico versus *Dyna web*.

Estudante	Resposta
E1A	Eu achei a versão web mais fácil e interessante. Eu também achei um pouco diferente, porém mais prático.
E2A	Eu achei o <i>DynaLearn</i> web melhor, porque tem uma interface melhor e mais fácil, e a física trava e é mais complexa.
E4A	O <i>DynaLearn</i> físico se encontra anacrônico, com diversos bugs e erros que fecham o software. Já o <i>Dyna web</i> possui visual mais clean e menos botões de ferramenta, além de que possui salvamento na nuvem, porém o login não é simples.
E7A	A física teve um pouco de dificuldade, pois não sei nada de inglês. A versão web foi muito boa e fácil, pois pode fazer em casa para meus familiares verem saberem sobre o curso.
E8A	O físico é muito chato de ser usado, o web é fácil e bem prático.
E9A	Os dois são bons de operar.
E10A	As duas versões são de fácil entendimento. O <i>Dyna web</i> , por estar traduzido, facilita um pouco mais a compreensão.
E12A	Minha experiência com ambos os <i>DynaLearns</i> foram boas, mas acho que o <i>DynaLearn</i> web é bem melhor de se usar, só precisam facilitar o login.
E13A	Eu adorei. É muito fácil montar os modelos tanto no <i>Dyna</i> físico quanto no da web, além de ser divertido.
E15A	A versão física é muito ruim, trava e fecha diversas vezes. Já a web é ótima e muito mais fácil de trabalhar.
E16A	Eu achei o <i>Dyna web</i> bem mais prático e bem fácil. Também acho que ele é bem mais fácil de compreender. Porém no <i>DynaLearn</i> físico não encontrei grande dificuldade de usá-lo.
E17A	A versão física possui problemas em fechamentos e travamentos, sendo muito inferior a sua versão web.
E19A	No princípio o <i>DynaLearn</i> físico era mais fácil que o <i>DynaLearn</i> web, pois já estávamos acostumados a trabalhar com ele, mas com o passar das aulas o <i>DynaLearn</i> web passou a ser melhor e fizemos os modelos em LS4 nele. Ou seja, o <i>DynaLearn</i> físico é bom para modelos LS1 e LS2. Já o <i>DynaLearn</i> web é melhor para os modelos LS3, LS4.
E20A	O <i>DynaLearn</i> físico precisa de bastantes detalhes ao módulo [o aluno se refere ao software]. No <i>Dyna web</i> é bastante prático, bastante uma tecnologia inteligente.
E22A	Trabalhar com cada uma das duas versões de <i>DynaLearn</i> foi muito bom e é muito fácil.



## TURMA B

Respostas da questão 1 - Dificuldades na construção de modelos em LS2 e em LS3.

<b>Estudante</b>	<b>Comentário</b>
<b>E1B</b>	Tive dificuldade em interpretar os textos.
<b>E3B</b>	Não há.
<b>E4B</b>	Não há dificuldades para construir modelos em LS2 e LS3, pois os dois são relativamente fáceis.
<b>E5B</b>	Não identifiquei dificuldades.
<b>E7B</b>	Não há dificuldades em estruturar modelos em LS2 e em LS3, pois os dois são relativamente fáceis.
<b>E8B</b>	Não consegui identificar dificuldades nos modelos em L2 e LS3.
<b>E9B</b>	Não há dificuldades, pois os dois são parecidos e bem fáceis de fazer modelos
<b>E12B</b>	Não tive muitas dificuldades.
<b>E14B</b>	Nenhuma dificuldade.
<b>E15B</b>	Interpretar os textos e saber identificar as variáveis e influências.

Respostas da questão 2 – entendimento dos estudantes sobre Influência direta.

<b>Estudante</b>	<b>Resposta</b>
E1B	Que apenas influenciam estoques.
E3B	É o I+ e o I- utilizados para representar processos. Quando uma taxa influencia diretamente uma variável de estado. Exemplo: Taxa de evaporação influencia diretamente o vapor de água.
E4B	Quando uma taxa influencia o estoque.
E5B	Que influencia diretamente outra quantidade (estoque) representando processos.
E7B	Quando uma taxa influencia o estoque.
E8B	A Taxa que influencia a variável de estado positivamente ou negativamente.
E9B	I+ e I- para representar os processos do sistema.
E12B	Que influencia diretamente o estoque.
E14B	É o que influencia o estoque diretamente.
E15B	Que só influenciam os estoques.

Respostas da questão 3 - Diferenças entre Taxas e Estoque.

<b>Estudante</b>	<b>Resposta</b>
E1B	Não sei a diferença.
E3B	A taxa influencia o estoque, por isso sempre existe um I (seja + ou -) saindo da taxa. Basicamente a taxa e o estoque tem diferença nas unidades de medidas.
E4B	Unidade.
E5B	Taxa se usa o espaço quantidade de magnitude Zero e Plus. Estoque se usa o espaço quantitativo de magnitude grande, médio e pequeno.
E7B	A taxa influencia o estoque. A diferença está nas unidades.
E8B	Unidade e Espaço quantitativo.
E9B	A taxa é a que influencia o estoque e as unidades são diferentes.
E12B	Taxa se usa no espaço quantitativo de magnitude zero e plus.

	Estoque se usa em outros espaços quantitativos. Além disso, as unidades são diferentes.
E14B	Taxa é o que ativa o processo, estoque sofre ações pela atitude da taxa.
E15B	Unidades.

Respostas da questão 4 – entendimento dos estudantes sobre Retroalimentação.

<b>Estudante</b>	<b>Resposta</b>
E1B	Existem dois tipos: a que o ciclo não continua e a outra que o ciclo se reinicia novamente.
E3B	Mecanismos de controle em que a ação dos objetos gera reações que terminam por atuar sobre esse mesmo objeto que causou a reação inicial.
E4B	É como se fosse um ciclo, seria para “repor” algo que está saindo e entrando nas taxas, devolvendo o efeito dos processos.
E5B	É o retorno do processo para balancear ou reforçar o sistema.
E7B	É um mecanismo que pode estabilizar o processo pela retroalimentação balanceadora, ou reforçar o processo, pela retroalimentação reforçadora.
E8B	É o retorno do processo.
E9B	É como se fosse um ciclo, serve para “repor” algo que está saindo ou entrando nas taxas.
E12B	É o retorno do processo para controlar o sistema.
E14B	É quando tem controle balanceador ou reforçador no sistema.
E15B	Existe dois tipos: balanceador e reforçador. Balanceador estabiliza os processos no sistema. Já o Reforçador reforça o efeito do processo.

Respostas da questão 5 – *DynaLearn* físico versus *Dyna web*.

<b>Estudante</b>	<b>Resposta</b>
E1B	O físico é mais complicado do que o web.
E3B	Eu prefiro o <i>DynaLearn</i> versão web, pois é mais compreensível e esclarecedor.
E4B	A versão física é mais complexa e mais trabalhosa, já a web é muito mais fácil de trabalhar.
E5B	<i>DynaLearn</i> físico é complexo e um pouco difícil de usar. O <i>DynaLearn</i> web é mais difícil de entrar, mas é mais fácil de utilizar.
E7B	O <i>Dyna web</i> é relativamente mais fácil de mexer que o físico, mas ambos são muito bons de trabalhar, mas prefiro a web, por poder fazer em qualquer lugar.
E8B	Físico: é uma versão mais complexa, mas não se tem o problema de conexão. Web: mais fácil.
E9B	A versão física é mais complexa e também tem muitas coisas em inglês. Já a versão web é mais fácil, é tudo traduzido e não precisa de tantas formalidades e comandos como o físico.
E12B	O <i>DynaLearn</i> físico é muito mais complicado e complexo. O <i>DynaLearn</i> web é mais fácil de trabalhar.
E14B	Muito boa, no começo a versão web pareceu mais complicado, mas era questão de costume. O físico é muito bom.
E15B	O físico é mais complicado do que o web. O web está mais simplificado.

## APÊNDICE M - RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NA SEÇÃO 5 DO QUESTIONÁRIO FINAL

### TURMA A

Comentários gerais feitos pelos estudantes no questionário final.

Estudante	Comentário
<b>E1A</b>	O professor foi um excelente modelador e explicou tudo perfeitamente.
<b>E2A</b>	Não tenho nada para destacar.
<b>E4A</b>	Sobretudo a incrível carisma do Professor Paulo Vitor; um excelente profissional. Confesso que minhas expectativas sobre o curso foram maiores que a realidade, mas mesmo assim decidi continuar e finalizar o curso que trouxe aprendizado e uma visão sistêmica dos problemas que vemos todos os dias.
<b>E7A</b>	Foi muito bom fazer o curso, pois pude ampliar meus conhecimentos e ter uma visão diferente quando for analisar os contextos reais. Muito obrigada Professor, foi ótimo!!!
<b>E8A</b>	Seria muito legal se vocês atualizassem o aplicativo que ficasse similar ao web. Assim você pode utilizar em qualquer lugar com a prática.
<b>E9A</b>	O Professor é excelente. Mas acho que deveria ter maior tempo de curso para podermos entender alguns conceitos difíceis.
<b>E10A</b>	Os últimos temas abordados: agentes, variáveis exógenas, por terem sido pouco falado, acho que poderiam ter sido entendidos de uma maneira melhor e entenderíamos melhor quando e como devem ser utilizados. Durante todo o curso o Professor estava totalmente disposto a tirar dúvidas e explicar os pontos com maior dificuldade.
<b>E12A</b>	Não houve comentários.
<b>E13A</b>	O Professor foi incrível durante todo nosso curso, compreensível, respeitoso e educado. Foi muito bom poder ampliar o meu campo de conhecimento. Muito obrigado pela oportunidade.
<b>E15A</b>	Não houve comentários.
<b>E16A</b>	Queria falar um pouco mais sobre os grafos que foram pouco destacados, e também sobre as magnitudes. Tirando esses pontos que acho que deveriam ter mais destaque, essa avaliação foi ampla e falou sobre todos os pontos específicos de cada modelo.
<b>E17A</b>	Não houve comentários.
<b>E19A</b>	Em nossas aulas o <i>DynaLearn</i> físico apresentou falhas contínuas por causa de seu próprio software, já o <i>Dyna web</i> se apresenta com funcionalidade estável.
<b>E20A</b>	Não houve comentários.
<b>E22A</b>	Não houve comentários.

### TURMA B

Comentários gerais feitos pelos estudantes no questionário final.

Estudante	Comentário
<b>E1B</b>	Não houve comentário na avaliação.
<b>E3B</b>	A dedicação do Professor, que não é apenas um profissional, é um humano, e isto é admirável e nos ajudou muito a entender melhor todo o nosso curso. Aprendi não só modelagem, mas a ser melhor também como pessoa pelo reflexo do Paulo Vitor, homem este que espalhou e expressou alegria, bondade e atenciosidade em todo o tempo. Obrigada!
<b>E4B</b>	Outros professores poderiam utilizar o <i>DynaLearn</i> e o <i>Dyna web</i> nas aulas,

	porque é uma forma de aprender mais.
<b>E5B</b>	Não houve comentário na avaliação.
<b>E7B</b>	Mudar o horário, de modo a aumentar as aulas do curso; disponibilizar as outras turmas e/ou escolas; fora isso não tem nenhum outro ponto, pois o curso foi ótimo e atendeu todas as expectativas.
<b>E8B</b>	Como já havia comentado, achei complexo para o nosso entendimento.
<b>E9B</b>	O curso foi bom e gostei bastante da experiência em modelar no <i>DynaLearn</i> . Gostaria de fazer mais vezes o curso para construir modelos e aprender os conteúdos que temos dificuldades.
<b>E12B</b>	Não houve comentário na avaliação.
<b>E14B</b>	Não houve comentário na avaliação.
<b>E15B</b>	No início achei difícil, mas o Professor nos incentivou muito em modelar para melhorarmos a nossa forma de enxergar o mundo. Gostei muito e queria ter mais aulas com o <i>DynaLearn</i> e o <i>Dyna web</i> .

## APÊNDICE N: RELATOS QUE EXPRESSAM O SENTIMENTO DOS ESTUDANTES EM RELAÇÃO A UMA VISÃO MAIS CRÍTICA DE MUNDO.

Extratos que demonstram a visão sistêmica dos estudantes.

Turma A	Turma B
<p><b>E14A:</b> Eu gostei muito porque deu para perceber como as coisas funcionam, como as coisas funcionam num sistema, como algo vai influenciar em algo... como você chega em um determinado resultado através de coisas que aconteceram anteriormente.</p> <p><b>E11A:</b> E também é bom mostrar para as outras pessoas o que está acontecendo e fazer elas entenderem aquilo, e mostrar também outros pontos de vistas tipo, as consequências, o que levou aquilo acontecer.</p> <p><b>E5A:</b> O <i>DynaLearn</i> conseguiu com que muita gente tivesse uma visão sistêmica e isso ajuda muito a gente compreender as outras matérias do ensino médio.</p> <p><b>E6A:</b> Isso, no LS3 a gente já começa a ter uma visão sistêmica.</p> <p><b>E11A:</b> Essas ferramentas ajuda a ter o pensamento mais crítico. Você vê aquilo lá expressado no modelo, e tem mais possibilidades de entender.</p> <p><b>E3A:</b> Então, o modelo permite a gente ter uma visão de todos os assuntos, da gente aprofundar mais sobre aquilo que influencia as coisas.</p> <p><b>E14A:</b> no caso podemos pensar nos objetos do sistema que interagem entre si, por exemplo, a atmosfera e o solo. A água sai do solo e depois ela vai voltar para a atmosfera, e tem também mecanismos de retroalimentação.</p> <p><b>E5A:</b> eu acho que é um sistema dinâmico justamente porque cada quantidade tem ligações entre si e mostram o que realmente está acontecendo no sistema. Então as quantidades de determinadas entidades influenciam outras quantidades. E isso a gente pode ver no mundo real, que ocorre na natureza. É a lei de Lavoisier, de que nada se cria, tudo se transforma. Então é justamente isso. Porque a precipitação tem uma causa, tem um motivo então ela vai originar outras consequências. Então a gente pode entender que é um sistema dinâmico.</p> <p><b>E5A:</b> ele [o mecanismos de retroalimentação] devolve os efeitos para as taxa do ciclo da água.</p> <p><b>E14A:</b> aí você vai fazer um ciclo, que vai devolver o efeito iniciado pelo processo.</p> <p><b>E14A:</b> por exemplo, você tá enchendo um tanque de água. Daí chega a uma hora que o recipiente não vai suportar mais. Aí entra essa retroalimentação balanceadora para parar de sair água.</p>	<p><b>E13B:</b> você aprende coisas novas, aprende a ter uma visão sistêmica e me ajudou muito nos estudos.</p> <p><b>E2B:</b> Te estimula pensar mais também né.</p> <p><b>E17B:</b> É, a questão da visão unilateral que a gente tinha quando começou o curso, e depois foi desenvolvendo a visão sistêmica. Os modelos é uma coisa que ajuda muito. Estava falando na hora da apresentação que quando eu explicava, primeiro eu explicava de um jeito que o pessoal quer entender e depois de uma forma sistêmica, mostrando os processos, por exemplo, da evaporação e a retroalimentação. E depois começava a introduzir de uma forma mais formal, apresentando o modelo pra eles. É uma visão totalmente diferente que se possa ter quando finaliza o curso, então é uma visão que muda desde os primeiros dias até aqui.</p> <p><b>E11B:</b> Foi diferente só que eu nunca tinha visto. Igual, eu antes de fazer o curso, eu não tinha uma visão mais ampla dos fenômenos...</p> <p><b>E6B:</b> A gente melhora a visão sistêmica.</p> <p><b>E11B:</b> Antes a gente via as coisas de forma unilateral, e agora não, a gente consegue ver os processos no sistema e as coisas mais relacionadas. Por exemplo, a atmosfera interage com a terra. O sol esquenta a terra, que tem água e vira vapor. Depois o vapor volta para a terra, porque vai chover. É uma coisa influenciando a outra.</p> <p><b>E10B:</b> tipo eu, antes do curso eu não enxergava os processos..</p> <p><b>E2B:</b> isso, e até dá para ajudar a enxergar as coisas mais relacionadas.</p> <p><b>E17B:</b> É justamente isso porque é um sistema dinâmico onde tudo é uma interação com alguma coisa como a atmosfera que interage com a terra, com o sol, com o mar e tipo uma vai estar ligado com a outra, e mudando as propriedades dos objetos constantemente, e isso que é o sistema dinâmico.</p>