



APLICANDO MODELOS DE RACIOCÍNIO QUALITATIVO AO ENSINO DE CIÊNCIAS DE ESTUDANTES SURDOS

BRINGING QUALITATIVE REASONING MODELS FOR SCIENCE TEACHING OF DEAF STUDENTS

Gisele Morisson Feltrini¹

Paulo Sérgio Bretas de Almeida Salles²

Mônica Maria Pereira Resende¹

Isabella Gontijo de Sá²

Heloísa Maria Moreira Lima Salles³

¹Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEE-DF)/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília (PPGEC-UnB), gisele_morisson@yahoo.com.br; monicamresende@gmail.com

²Instituto de Ciências Biológicas (IB-UnB), pssales@gmail.com; isabellagontijo@gmail.com

³Departamento de Linguística, Português e Línguas Clássicas (LIP-UnB), heloisasalles@gmail.com

Resumo

Este trabalho investiga o uso de modelos baseados em raciocínio qualitativo (RQ) como ferramenta para a aquisição de conceitos científicos, o desenvolvimento do raciocínio inferencial e o aperfeiçoamento de competências linguísticas de estudantes surdos. A fim de introduzir tais modelos em sala de aula, três condições devem ser observadas: (a) a educação deve ser bilíngüe, sendo a língua brasileira de sinais (Libras) a primeira língua dos surdos e o Português escrito, a segunda língua; (b) o vocabulário científico em Libras deve ser criado; (c) o material didático deve seguir a pedagogia visual, apropriada para as necessidades específicas dos surdos. Este artigo descreve como modelos qualitativos podem fornecer suporte para a elaboração de materiais didáticos que integram recursos visuais e Português escrito em atividades educacionais para estudantes surdos.

Palavras-chave: modelos qualitativos, surdos, ensino de ciências.

Abstract

The work presently described explores the potential of qualitative reasoning (QR) models as a tool for the acquisition of scientific concepts, the improvement of linguistic skills and the development of inferential reasoning, already worked out in previous experiences with deaf students. In order to bring qualitative models into the classroom, three conditions have to be met: (a) the education of the deaf should be bilingual, the Brazilian Sign Language

(Libras) being the first and Portuguese the second language; (b) the scientific vocabulary in Libras has to be created; (c) didactic material should follow a visual oriented pedagogy, adequate for their special needs. This paper describes how qualitative models may provide support for the integration of visually-oriented material and written Portuguese in educational activities for deaf students.

Keywords: qualitative models, deaf, science education.

APLICAÇÃO DE MODELOS DE RACIOCÍNIO QUALITATIVO AO ENSINO DE CIÊNCIAS DE ESTUDANTES SURDOS

1. INTRODUÇÃO

O sistema educacional brasileiro enfrenta hoje a tarefa de promover os direitos educacionais dos surdos. Com efeito, os alunos surdos estão incluídos na sala de aula junto com estudantes ouvintes. Neste contexto, é importante compreender os requisitos para a inclusão de alunos surdos no sistema educacional, particularmente no que diz respeito à aquisição de conceitos científicos, à compreensão de sistemas complexos e ao desenvolvimento de competências relacionadas ao raciocínio inferencial e qualitativo.

No entanto, a compreensão do processo de ensino-aprendizagem dos conceitos científicos constitui campo a ser ainda melhor e mais estudado. A especificidade lingüística dos surdos faz de sua escolarização uma situação muito complexa, com diversas dificuldades que interferem, decisivamente, na construção de conceitos científicos. Para os surdos, às dificuldades encontradas por quaisquer outros estudantes em sala de aula de ensino de Ciências somam-se as de caráter específico, como as características da língua de sinais (FARIA, 2001, 2003; FERNANDES, 2003; QUADROS E KARNOPP, 2004), a carência de terminologia conceitual especializada em Libras, na área de Ciências (MARINHO, 2007), e a falta de materiais didáticos adequados para os surdos (NOGUEIRA *et alli*, 2005; FELTRINI E GAUCHE, 2007).

Finalmente, a maioria dos materiais didáticos utilizados no sistema educacional requer o domínio da língua portuguesa, tanto nas modalidades escrita como falada. Entretanto, são muito conhecidas as limitações dos alunos surdos para ler e assimilar conceitos expressos em vocabulário que eles não dominam, e para escrever, expressando o entendimento que têm dos conceitos científicos estudados.

Nesse sentido, algumas áreas da Inteligência Artificial (IA), como o Raciocínio Qualitativo (RQ) (WELD E DE KLEER, 1990) podem ser de grande valia para a educação de surdos. Raciocínio Qualitativo visa o desenvolvimento de software capaz de realizar raciocínio automatizado a partir de conhecimentos incompletos sobre sistemas físicos (BREDEWEG E FORBUS, 2003). O uso de modelos qualitativos como recurso didático vem sendo investigado no âmbito do “Projeto Português como Segunda Língua na Educação Científica dos Surdos”. Dois estudos (LIMA-SALLES *et alli*, 2004; SALLES *et alli*, 2005) demonstram o potencial de modelos qualitativos para se tornar ferramenta para o ensino e para a interação entre conceitos, exploração de sistemas complexos em simulações e para obter previsões e explicações sobre o comportamento de um sistema, tendo como base um modelo que explicita as relações de causalidade.

A partir dessa reflexão, este trabalho busca responder a seguinte PERGUNTA:

Como intervir no processo de ensino aprendizagem de Ciências com vistas a auxiliar a formação de conceitos científicos e sua aplicação a sistemas complexos por estudantes surdos?

2. REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A APLICAÇÃO DE MODELOS QUALITATIVOS EM SALA DE AULA DE ESTUDANTES SURDOS

2.1. EDUCAÇÃO BILÍNGÜE

No Brasil a educação bilíngüe de alunos surdos é empreendida sob o pressuposto de que a Libras é a língua nativa dos surdos, e o Português é a sua segunda língua. Aspectos fundamentais da literatura científica são o desenvolvimento das habilidades culturais entre os estudantes surdos, a fim de criar um ambiente adequado para a compreensão e aplicação de conceitos científicos, bem como a disponibilidade de um vocabulário científico em Libras. Assume-se que a estrutura de modelos de RQ fornece as categorias relevantes para a aquisição e utilização de conceitos científicos, sendo particularmente adequado o uso dos primitivos de modelagem como base para a criação de termos científicos em Libras relacionados a esses conceitos.

2.2 UMA APROXIMAÇÃO VISUAL PARA EXPRESSAR CONHECIMENTOS REPRESENTADOS EM MODELOS QUALITATIVOS

Uma série de estudos demonstrou que os surdos têm uma melhor capacidade visual em relação aos ouvintes, pois são mais dependentes do estímulo visual. De fato, a sua visão periférica é mais desenvolvida, e isto é, aparentemente relacionado com a organização neural durante o seu desenvolvimento (NEVILLE, 1990). Estas descobertas científicas devem ter um impacto sobre a educação dos surdos.

Pesquisadores e especialistas em educação de surdos sugerem a adoção em sala de aula de métodos pedagógicos e materiais didáticos que dependem de um forte apoio visual, a chamada "pedagogia visual" (CAMPELLO, 2007). Dessa maneira, as atividades pedagógicas que combinam diagramas e informações escritas são de grande importância para o desenvolvimento dos alunos surdos. Como mostrado em (LIMA-SALLES *et alli*, 2004; SALLES *et alli*, 2005), modelos de RQ podem criar diversas oportunidades para alunos surdos desenvolverem a competência da escrita com base em representações gráficas de conceitos expressos em fragmentos de modelo, cenários, simulações e modelos causais. Estes estudos aplicam a abordagem descrita em (SPERBER E WILSON, 1995) para mostrar que, material com base em RQ apóia o desenvolvimento das habilidades de raciocínio lógico por alunos surdos.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1 FUNDAMENTOS DE RACIOCÍNIO QUALITATIVO

A Teoria Qualitativa dos Processos (TQP) (FORBUS, 1984) prevê uma ontologia com um rico vocabulário para a representação explícita de situações, processos e relações causais. Ela tem sido a base para uma série de estudos em ciência cognitiva, e foi escolhida para descrição do presente estudo. Na TQP as mais importantes dependências entre quantidades

são as relações causais, modeladas utilizando dois primitivos: influências diretas (I + e I-), usadas para representar os efeitos dos processos, e as proporcionalidades qualitativas (P + e P-), que representam como as mudanças causadas por processos se propagam ao longo de todo o sistema. Dois modelos foram criados para este estudo: "árvore e sombra", um modelo adequado para a introdução de conceitos básicos de RQ, e "aquecimento global", um modelo que aborda um problema mais complexo. Os modelos foram construídos no Garp3 (BREDEWEG *et alli*, 2006), uma máquina qualitativa utilizada para construir modelos de raciocínio, rodar simulações e inspecionar diferentes resultados. O Garp3 fornece uma interface gráfica, apropriada para os alunos surdos.

3.2 A VALIDAÇÃO DOS MODELOS

De acordo com (RYKIEL, 1996), um modelo ecológico deve incluir avaliação conceitual e operacional. A avaliação conceitual depende do modelo fornecer uma explicação cientificamente aceitável para as relações de causa-efeito. A validade operacional mostra se o modelo construído satisfaz as normas exigidas para o desempenho da finalidade prevista em sua construção.

3.3 CRIANDO ATIVIDADES PARA EXPLORAR O CONTEÚDO DO MODELO

A metodologia foi fundamentada na investigação-ação educacional (MION e SAITO, 2001). Essa nova ciência educativa crítica aponta para o compromisso da comunidade escolar em analisar de forma crítica seus entendimentos e situações práticas educativas com vistas a transformar esta realidade. Reconhece professores, investigadores educacionais e estudantes como sujeitos e agentes de mudanças na educação.

Assim sendo, atividades foram criadas em um tipo de trabalho colaborativo realizado pelos pesquisadores do projeto PL2S¹ e professores do ensino médio durante um curso sobre o uso de modelos de RQ em ensino de ciências. Um dos objetivos do curso foi o de criar material didático interdisciplinar para o currículo do ensino médio. Oito professores foram envolvidos no curso, sendo quatro deles fluentes em Libras, e com alunos surdos em suas salas de aula. Os professores foram expostos a cinco modelos, incluindo “árvore e sombra” e “aquecimento global”. Para cada modelo, o grupo discutiu a terminologia usada para descrever conceitos relevantes, identificaram e analisaram os primitivos de modelagem mais importantes e discutiram a forma de melhorar o material didático produzido para explorar modelos de RQ utilizando a abordagem descrita em (LIMA-SALLES *et alli*, 2004; SALLES *et alli*, 2005). O produto principal do curso foi um conjunto de atividades que exploram os modelos “árvore e sombra” e “aquecimento global”.

3.4 CRIANDO SINAIS PARA REPRESENTAR OS PRIMITIVOS DE MODELAGEM

Apoiados na observação participante, um grupo de seis alunos surdos universitários foi

¹ Projeto ‘Português como segunda língua na educação científica de surdos’ financiado pelo Ministério da Educação (MEC/CAPE/PROESP, processo nº 1523/2003), descrito em Salles *et alli*. (2006).

encorajado pelos pesquisadores para criar em Libras a terminologia para expressar conceitos gerais usados para construir modelos de RQ. Este trabalho foi desenvolvido em três etapas. Em primeiro lugar, os alunos foram expostos a modelos qualitativos, a fim de compreender o significado dos primitivos de modelagem e como os conceitos são representados no modelo. Em seguida, os alunos criaram sinais para cada primitivo de modelagem, que foram vídeo gravadas. Finalmente, os sinais foram validados por um grupo maior de estudantes surdos universitários e por professores (ouvintes), que trabalham com alunos surdos. Inicialmente, foi apresentado aos avaliadores o modelo qualitativo ‘árvore e sombra’. Em seguida, cada sinal foi explicado e analisado. Um questionário semi-estruturado foi respondido por cada avaliador, com questões que exploraram os aspectos específicos dos sinais e como estes se relacionam com o conceito que representam. Houve também espaço para os avaliadores expressarem sua própria opinião sobre temas de interesse e para apresentar sugestões. Após as sugestões deles os sinais foram novamente discutidos pelo grupo de alunos que os criou.

4. DESENVOLVENDO MATERIAIS PARA EDUCAÇÃO BILÍNGÜE DE ESTUDANTES SURDOS

4.1. UM MODELO QUALITATIVO SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS DESENCADEADAS PELO AQUECIMENTO GLOBAL

O objetivo do modelo “aquecimento global” é o de aumentar a compreensão sobre a forma como as atividades humanas podem liberar gases efeito estufa, como o dióxido de carbono - CO₂, que, por sua vez, aquecem o ambiente e, acima de certo limite, a temperatura têm o potencial para aumentar as alterações climáticas. Os usuários deste modelo são estudantes surdos e ouvintes das escolas de ensino médio. Três processos causam alterações no sistema - a produção agrícola, a produção industrial e as mudanças climáticas. Processos e situações típicas são capturadas no modelo de 40 fragmentos. O modelo suporta, na implementação atual, 48 simulações.

O modelo causal obtido na mais complexa simulação é apresentado na Figura 1 e tem a seguinte redação. Depois de receber investimentos, atividades industriais produzem resíduos durante os seus processos de produção, e entre os resíduos alguns gases de efeito estufa são liberados para a atmosfera. Além disso, devido o desenvolvimento de atividades agrícolas envolvendo gado e culturas em áreas cobertas por vegetação natural, os agricultores removem a floresta e queimam resíduos de biomassa liberando também gases com efeito de estufa. Ambos os processos influenciam positivamente o PIB nacional, enquanto poluem o ar e criam condições para que ocorram as mudanças climáticas. A concentração de poluentes influencia a temperatura da Terra e apenas quando a temperatura estiver acima de certo limite, a proporcionalidade positiva torna-se ativa e estabelece uma relação de causalidade entre as quantidades *temperatura* e *taxa de mudanças climáticas*, desencadeando o processo de mudanças climáticas.

A *taxa de mudanças climáticas* influencia diretamente *eventos de seca*, *inundações* e *ondas de calor*, que, por sua vez, resultam, respectivamente, em *perda na agricultura* e *perda de recursos hídricos*, *deslocamento populacional* e *mortalidade* de seres vivos. Assume-se também que *eventos de seca* têm uma influência negativa sobre o *PIB*, quando este aumenta o *PIB* diminui ou vice-versa.

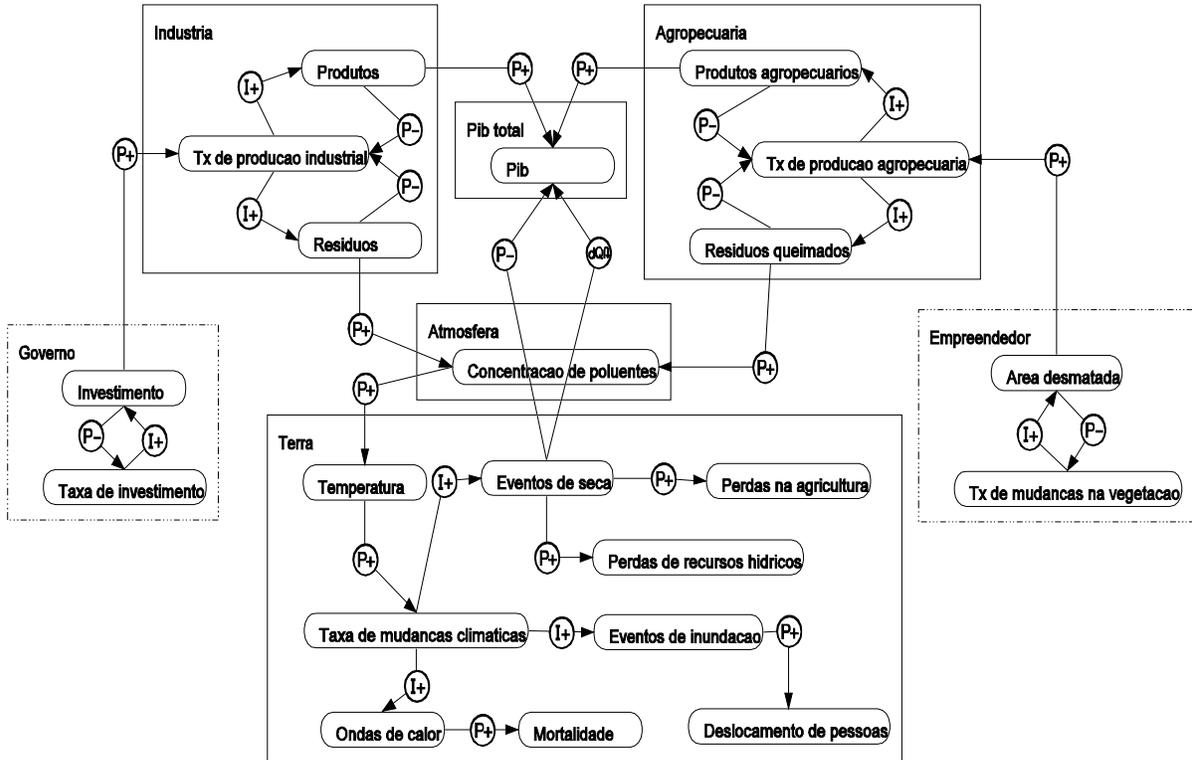


Figura 1. Modelo Causal obtido em uma simulação com o modelo ‘aquecimento global’.

4.2 CRIANDO GLOSSÁRIO EM LIBRAS DOS PRIMITIVOS DE MODELAGEM

O grupo de estudo elaborou um glossário em Libras constituído de 32 termos utilizados em modelos qualitativos: inteligência artificial, raciocínio qualitativo, modelos qualitativo, fragmento de modelo, sistema, entidade, propriedades, quantidades (variáveis), magnitude, derivadas, valores qualitativos, espaço quantitativo, configuração, processos, influência, taxa, influência direta I +, influência direta I-, proporcionalidade qualitativa P +, proporcionalidade qualitativa P-, correspondência Q, correspondência V, pressuposto, agente, cenário, estado qualitativo, grafo de estado, trajetória, comportamento do sistema, diagrama de valores, modelo causal e a expressão rodar a simulação. Os recursos gráficos utilizados para transcrever sinais em Português foram tomados a partir de (QUADROS E KARNOPP, 2004). Exemplos são apresentados na Figura 2, as setas expressando os movimentos das mãos e da cabeça, são parâmetros para constituição do termo em Libras.



Figura 2. Imagens de sinais criados para os primitivos de modelagem.

4.3. ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO PARA A EDUCAÇÃO BILÍNGÜE DE ALUNOS SURDOS

As atividades descritas acima resultaram em uma melhor compreensão do que é necessário para o desenvolvimento de atividades educacionais e materiais didáticos baseados em modelos de RQ para estudantes surdos (e ouvintes). A "prova do conceito" deste entendimento é um DVD criado sobre os modelos "árvore e sombra" e "aquecimento global" com o título "O uso de modelos qualitativos na educação científica de estudantes surdos e ouvintes". Os primitivos de modelagem e os modelos são explicados em Libras e em Português escrito e falado. As versões em Português escrito do glossário bilíngüe, dos textos motivadores e das atividades para os dois modelos estão também incluídas.

5. VALIDAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

5.1. VALIDAÇÃO DO MODELO

O modelo "árvore e sombra" foi validado em estudos anteriores (SALLES *et alli*, 2005), e o modelo "aquecimento global" foi conceitual e operacionalmente validado por um especialista em modelagem qualitativa, 8 professores do ensino médio da área de Ciências e 4 estudantes surdos universitários. O especialista concluiu que a representação de causalidade no modelo "aquecimento global" é aceitável com base no conhecimento científico disponível, tal como recomendado em (IPCC, 2007).

Os professores consideraram o modelo muito útil para fins educativos e acessível para alunos do ensino médio. Eles avaliaram a geração de explicações e previsões sobre o comportamento do sistema baseado em modelos causais isoladamente e em combinação com valores qualitativos das variáveis relevantes. Eles reconheceram o potencial dos modelos qualitativos para o desenvolvimento de competências e habilidades cognitivas. Entre as mais importantes habilidades, modelos qualitativos têm o potencial para apoiar os alunos na identificação de informações centrais e periféricas, na integração de conhecimentos de diferentes áreas, na seleção de estratégias e metodologias adequadas para a resolução de problemas, na formulação de hipóteses e previsões e na geração de explicações. Eles também afirmaram que modelos podem facilitar a organização de idéias, o desenvolvimento de argumentos e a melhorar a capacidade de criticar idéias e propostas. Para ilustrar os resultados encontrados, abaixo se destacam as respostas relacionadas à formação de conceitos e a capacidade de fazer inferências.

“Com os modelos qualitativos o aluno consegue visualizar realmente o que acontece e explicar o que está entendendo.”

“Acredito que o modelo contribua como ferramenta de análise para o aluno, pois apresenta ou disponibiliza informações que darão suporte para, comparar, debater, estabelecer, examinar, dentre outras vantagens, emitir, com confiança, parecer a respeito do tema apresentado.”

Os alunos surdos depois da análise de modelos causais obtidos em simulações com o modelo "aquecimento global", foram capazes de explicar em Português escrito, as relações causais que envolvem as quantidades modeladas, uma evidência de que eles

compreenderam o modelo. Respostas às perguntas abertas mostraram que o modelo causal favoreceu a aquisição de novos conceitos e a compreensão de questões relacionadas ao aquecimento global. 50% dos alunos concordaram que o modelo os ajudou a explicar as mudanças climáticas.

Destaca-se aqui a existência de uma interlíngua no texto escrito pelos estudantes surdos. Em sua análise, os estudantes apreenderam novos conceitos e novas palavras relacionadas ao tema, assimilando a linguagem científica, como podemos citar o uso das palavras *investimento*, *produto interno bruto*, *mortalidade*, *inundação*, *mudanças climáticas*, *resíduos*. Os conceitos foram aplicados corretamente, como podemos ver no trecho seguinte o uso adequado do termo *recurso hídrico*: “eventos de seca provocam influencia perdas de recursos hídricos por causa diminuiu os rios e os lagos”.

5.2. VALIDAÇÃO DOS SINAIS QUE REPRESENTAM MODELOS QUALITATIVOS

Um grupo constituído por 17 alunos surdos analisaram os sinais criados para este trabalho, escolhendo entre três opções (concordo, talvez, discordo). Os participantes concordaram em grande parte com os sinais criados, pois num total de vinte e dois termos, vinte e um foram avaliados com percentual superior a 50% na opção ‘concordo’ e apenas um sinal obteve percentual inferior a 50%. O índice de discordância para com o sinal criado obteve percentual máximo de 17,64%, valor pequeno, o que não caracteriza que os avaliadores discordaram dos sinais propostos, apenas que havia restrições, posteriormente sanadas durante as discussões.

Um questionário semelhante foi aplicado a um grupo composto de 7 professores e as suas respostas confirmaram o parecer dos estudantes. Em suma, no que diz respeito à clareza dos sinais, 75% dos sinais criados foram aprovados por mais de 85% dos avaliadores, um resultado muito positivo.

Após a avaliação pelos alunos surdos e professores, o grupo de estudo que criou os sinais executaram uma nova série de debates, a fim de incorporar as sugestões, e propuseram uma lista final de sinais para os primitivos de modelagem, que foi incluída no glossário e no material didático, a saber, o DVD. A avaliação do uso do DVD em salas de aula por estudantes surdos e ouvintes e seus professores já começou e os resultados serão apresentados em trabalhos futuros.

6. DISCUSSÃO

A educação é uma área bem estabelecida para aplicação modelos de RQ (BREDEWEG E FORBUS, 2003). O presente trabalho descrito explora mais o potencial de modelos qualitativos como uma ferramenta para a aquisição de conceitos científicos, a melhoria das competências lingüísticas e para o desenvolvimento de raciocínio inferencial, que aqueles já trabalhados com alunos surdos (LIMA-SALLES *et alli*, 2004; SALLES *et alli*, 2005). Dois modelos qualitativos foram utilizados neste trabalho, o crescimento “árvore e sombra” e o “aquecimento global”, este último foi construído e testado neste estudo. Este modelo explora alguns aspectos de sustentabilidade, questões que foram abordadas em outros modelos qualitativos (PETSCHER-HELD, 2005). A validação do modelo “aquecimento global” por professores do ensino médio produziu resultados semelhantes quando comparados com aqueles obtidos na avaliação do estudo de caso no modelo do “Riacho

Fundo” - NaturNet-Redime projecto/www.naturnet.org (BREDEWEG, 2007). Em ambos os casos, os professores reconheceram o potencial e recomendaram o uso dos modelos em sala de aula como uma ferramenta para desenvolver competências e habilidades cognitivas.

A falta de vocabulário específico do conhecimento científico em Libras dificulta a possibilidade de alunos surdos na aquisição de conceitos científicos e na compreensão do conteúdo abordado em sala de aula. Dificuldades encontradas pelos professores, intérpretes de Libras e alunos em aulas de biologia do ensino médio são discutidos em (MARINHO, 2007), no qual se conclui que a integração dos profissionais e o uso de material visual são orientados para melhoria da aprendizagem e contribui para a criação de sinais que representam conceitos em biologia. De fato, estudos lexicográficos e dicionários em Libras são poucos e genéricos, e proporcionam uma cobertura muito baixa de conceitos científicos (MARINHO, 2007). O trabalho aqui descrito tem uma abordagem mais geral, na medida em que procura criar um conjunto de sinais que podem ser reutilizados para diferentes modelos, abrindo a possibilidade de aplicação nos currículos de ciências em biologia, física, química, sustentabilidade e outras disciplinas. O processo de criação de sinais é complexo e tem de ser realizado pela comunidade surda. Primeiro, uma profunda compreensão do tema a ser representado é necessário, uma tarefa bastante difícil quando se trata de conceitos científicos. Esse entendimento tem de ser alcançado no nível da comunidade, porque é evidente que uma única pessoa não pode impor à comunidade um sinal para expressar um determinado conceito. Enquanto Marinho (2007) descreve a criação de sinais em aulas de Biologia por um grupo informal de colegas de uma escola, seus professores e a validação através da sua utilização, a abordagem aqui é mais estruturada. O grupo de estudo primeiro adquiriu uma compreensão dos modelos qualitativos e dos primitivos de modelagem e, posteriormente, criaram os sinais. Dois modelos diferentes foram estudados, fornecendo a experiência do reaproveitamento dos sinais em diferentes contextos. A validação dos sinais seguiu um procedimento sistemático, iniciou com a apresentação dos primitivos de modelagem e dos modelos para os avaliadores para que estes pudessem se familiarizar com a linguagem específica utilizada em modelos de RQ. Em seguida, respostas ao questionário e discussões foram realizadas com o grupo de estudo fechando o ciclo com uma revisão de cada sinal. Essas atividades apontam para o desenvolvimento de uma metodologia para a criação de vocabulário científico em Libras, a ser investigada e estabelecida no futuro.

O material didático criado neste trabalho é único, adota um enfoque bilíngüe ao ensino de ciências, apresenta modelos qualitativos em Libras, a tradução simultânea para o Português oral e usa o Português escrito como segunda língua nas atividades e ensaios dedicados a explorar raciocínio causal (LIMA-SALLES *et alli*, 2004; SALLES *et alli*, 2005). E com uma abordagem pedagógica visual, representa conceitos de forma diagramática contribuindo para aumentar a compreensão de fenômenos. Estas abordagens enquadram-se bem as necessidades de aprendizagem dos surdos, bem como as necessidades dos ouvintes.

O trabalho aqui descrito tem o potencial de apoio à criação de uma comunidade de prática em que os alunos aprendem conceitos científicos utilizando modernas tecnologias de RQ. No entanto, vai demorar um tempo até que material didático deste tipo possa ser regularmente utilizado em sala de aula, considerando que a inclusão de alunos surdos é um fenômeno complexo e requer uma considerável melhoria do sistema educativo. Trabalhos em curso incluem a aplicação do referido DVD na sala de aula, tanto com os alunos surdos quanto com ouvintes. Novos modelos qualitativos serão descritos com o conjunto básico de

sinais apresentados aqui. Juntamente com novas vídeo aulas, mais material didático será produzido de acordo com a metodologia proposta.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como intervir no processo de ensino aprendizagem de Ciências com vistas a auxiliar a formação de conceitos científicos e sua aplicação a sistemas complexos por estudantes surdos? As respostas fornecidas pelo presente estudo podem ser resumidas da seguinte forma: **uso de modelos qualitativos** para aumentar a compreensão de fenômenos e a aquisição de conceitos científicos, **foco na educação bilíngüe**, que tem o potencial para atender as necessidades de alunos surdos (e ouvintes), **criação de vocabulário para expressar conceitos científicos em língua de sinais**, na seqüência de um processo que inclui a representação das recorrentes categorias de conceitos científicos (de modo que os sinais podem ser reutilizados em diferentes contextos), e **envolver a comunidade surda, especialistas, professores na produção de material didático baseado em modelos qualitativos**, que segue a **pedagogia visual** e integra uma abordagem diagramática com escrita em Português, explora a aquisição do conceito, o desenvolvimento das competências lingüísticas e de raciocínio lógico. A "prova de conceito" para este trabalho, composto de material didático contendo um glossário bilíngüe, modelos, textos, atividades e vídeo aulas organizadas em um DVD, pode se tornar a base para a criação de uma comunidade de prática de alunos surdos e ouvintes que aprendem conceitos científicos, com o apoio de modelos RQ.

Espera-se que os resultados obtidos neste trabalho e o material didático produzido venham a contribuir efetivamente para a formação de conceitos científicos por estudantes surdos e sua aplicação a sistemas complexos, favorecendo competências para a construção do raciocínio lógico-dedutivo; a resolução de problemas; a construção/apreensão dos conceitos e, conseqüentemente, da terminologia em Língua Portuguesa relacionada às áreas de Biologia, Física, Química e Matemática no ensino médio e superior. Enfim, contribuirá efetivamente para a aprendizagem de conceitos científicos por alunos surdos e ouvintes, inclusive aqueles abordados em projetos interdisciplinares envolvendo diferentes áreas do conhecimento. Além de contribuir para a formação inicial e continuada de professores que trabalham com estudantes surdos e ouvintes: o professor regente, o professor da sala de recursos e o professor-intérprete no ensino médio. Esses resultados podem ter impactos imediatos, levando a mudanças nas práticas pedagógicas, à adoção de novas estratégias de ensino e ao uso de novos instrumentos didático-pedagógicos e de tecnologias educacionais.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos alunos surdos, aos professores, a Aline Mesquita e Maylena Gonçalves, que colaboraram no trabalho aqui descrito. Também somos gratos aos projetos *Português como segunda língua na educação científica de surdos* (projeto financiado por MEC / CAPES / PROESP, processo nº. 1523/2003) e *DynaLearn - Engaging and informed tools for learning conceptual system knowledge* (projeto financiado pela FUB/Comissão das Comunidades Européias, contrato nº 231526) pelo apoio financeiro para a realização e disseminação dos resultados do trabalho apresentado neste evento.

REFERÊNCIAS

BREDEWEG, B; FORBUS, K. Qualitative modelling in education, **AI magazine**, n. 24, p. 35-46, 2003.

BREDEWEG, B; BOUWER, A; JELLEMA, J; BERTELS, D; LINNEBANK, F; LIEM, J. GARP3 - A NEW WORKBENCH FOR QUALITATIVE REASONING AND MODELLING. In: **20th International Workshop on Qualitative Reasoning (QR06)**, Proceedings of the 20th international workshop on qualitative reasoning (QR06), BAILEY-KELLOGG, C; KUIPERS, B. (Eds.), p. 21-28, 2006.

BREDEWEG, B; SALLES, P; BERTELS, D; RAFALOWICZ, J; BOUWER, A; LIEM, J; FELTRINI, G. M; CALDAS, A. L. R; RESENDE, M. M. P; ZITEK, A; NUTTLE, T. Training report on using QR for learning about sustainable development. Naturnet-Redime, STREP project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006), Project no. 004074, Project Deliverable Report D7.2, 2007.

CAMPELLO, A. R. S. Pedagogia Visual /Sinal na Educação dos Surdos. In: QUADROS, R. (Org.). **Estudos Surdos II**. 1. ed. Rio de Janeiro: Arara Azul, 2007, p. 100-131. (Série pesquisas).

FARIA, S. P. **A metáfora na LSB e a construção dos sentidos no desenvolvimento da competência comunicativa de alunos surdos**. Brasília, 2003. 335 f. Dissertação (Mestrado em lingüística) – Instituto de Letras, Universidade de Brasília.

_____. Interface da Língua Brasileira de Sinais com a Língua Portuguesa e suas implicações no ensino de Português, como segunda língua, para surdos. In: **Pesquisa Lingüística**, Brasília: Revista da Pós-Graduação em Lingüística da Universidade de Brasília. n. 6, 2001.

FELTRINI, G. M.; GAUCHE, R. ENSINO DE CIÊNCIAS A ESTUDANTES SURDOS: PRESSUPOSTOS E DESAFIOS. In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VI Enpec)**, 2007, Florianópolis-SC. Atas do VI ENPEC. Florianópolis-SC, 2007.

FERNANDES, E. **Linguagem e surdez**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

FORBUS, K. Qualitative process theory. **Artificial Intelligence**. Amsterdam: IOS Press/Omasha, n. 24, p. 85–168, 1984.

Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/index.htm>>. Acesso em: 20 novembro 2007.

LIMA-SALLES, H.M.M.; SALLES, P; BREDEWEG, B. QUALITATIVE REASONING IN THE EDUCATION OF DEAF STUDENTS: SCIENTIFIC EDUCATION AND ACQUISITION OF PORTUGUESE AS A SECOND LANGUAGE. IN: 18th International Workshop on Qualitative Reasoning (QR2004), 2004, Evanston Illinois-EUA. Proceedings of the 18th international workshop on qualitative reasoning (QR2004). Evanston Illinois-EUA: Northwestern University, 2-4 ago. 2004.

MARINHO, M. L. **O ensino da biologia: o intérprete e a geração de sinais**. Brasília, 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Lingüística) – Instituto de Letras, Universidade de Brasília.

MION, R. A. e SAITO, C. H. **Investigação-ação**: mudando o trabalho de formar professores. Ponta Grossa: Gráfica Planeta, 2001.

NEVILLE, H. J. INTERMODAL COMPETITION AND COMPENSATION IN DEVELOPMENT: EVIDENCE FROM STUDIES OF THE VISUAL SYSTEM IN CONGENITALLY DEAF ADULTS. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 71–91, 1990.

NOGUEIRA, L.S; REIS, L.R; RICARDO, E.C. ENSINO DE FÍSICA PARA PORTADORES DE DEFICIÊNCIA AUDITIVA: O PROBLEMA DOS LIVROS DIDÁTICOS. In: **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2005, ISBN: Português, meio digital.

PETSCHER-HELD, G. QUALITATIVE REASONING AND GLOBAL CHANGE RESEARCH: EXPERIENCES FROM MODELING HUMAN-ENVIRONMENT SYSTEMS FOR POLICY ADVICE. In: HOFBAUR, M; RINNER, B; WOTAWA, F. (Eds.) **Proceedings of the nineteenth international workshop on qualitative reasoning (QR05)**, Graz, Austria, 18-20 May 2005, pp. 4-7. ISBN 3-9502019-0-4

QUADROS, R. M. de. **Educação de Surdos**: a aquisição da linguagem. Reimp. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

QUADROS, R. M. de; KARNOPP, L. **Língua de sinais brasileira**: estudos lingüísticos. Porto Alegre: ArtMed, 2004.

RYKIEL, E. Testing Ecological Models: the meaning of validation. In: **Ecological Modelling**, Netherlands: Elsevier, v. 90, p. 229-244, 1996.

SALLES, P; LIMA-SALLES, H; BREDEWEG, B. THE USE OF QUALITATIVE REASONING MODELS OF INTERACTIONS BETWEEN POPULATIONS TO SUPPORT CAUSAL REASONING OF DEAF STUDENTS. In: LOOI, C.-K; MCCALLA, G; BREDEWEG, B; BREUKER, J. (Orgs.) **Artificial Intelligence in Education: Supporting learning through Intelligent and Socially Informed Technology**. 1 ed. Amsterdam: IOS Press / Omasha, 2005, v.1, p. 579-586.

SPERBER, D; WILSON, D. **Relevance**: Communication and Cognition. Oxford (UK) and Cambridge (Mass): Blackwell Publishers Ltda, 1995.

WELD; KLEER, J. de (Eds.) **Readings in Qualitative Reasoning about Physical Systems**. San Mateo-CA: Morgan Kaufmann, 1990.