



# 2º SIPEMAT

Simpósio Internacional de Pesquisa em Educação Matemática  
De 28 de julho a 1 de agosto **2008**

**Matemática formal e Matemática não formal  
20 anos depois: sala de aula e outros contextos**

## O PAPEL DAS REPRESENTAÇÕES SIMBÓLICAS NO DESIGN DE SOFTWARE EDUCATIVO NUMA PROPOSTA INCLUSIVA

Maici Duarte Leite

Rute Elizabete de Souza Rosa Borba

Alex Sandro Gomes

Universidade Federal de Pernambuco

[maicileite@yahoo.com.br](mailto:maicileite@yahoo.com.br); [borba@talk21.com](mailto:borba@talk21.com); [asg@cin.ufpe.br](mailto:asg@cin.ufpe.br)

### RESUMO

A educação inclusiva teve na última década uma atenção especial, mas as propostas educacionais ainda precisam de suporte para superar lacunas apresentadas por surdos, que normalmente apresentam um defasagem escolar considerável. Estas lacunas têm sua origem principal na comunicação, que limita as experiências extra-escolares dos surdos, experiências essas que são fundamentais para a formalização de saberes e construção de conhecimentos. Com o objetivo de contribuir para a aquisição de conhecimentos matemáticos de surdos, mediado por tecnologia, mais precisamente software educativo, foi proposto o design de uma interface que explora o campo aditivo, embasado na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Esta teoria defende que, para compreender o desenvolvimento e a apropriação de um conceito, é necessário estudar conjuntos vastos e interligados de situações, invariantes e representações simbólicas, e a consideração da mesma pode contribuir para enriquecer experiências cognitivas, tanto de ouvintes quanto de surdos. Nesta perspectiva, encontramos que as representações dos surdos nem sempre são idênticas à de ouvintes e que as mesmas, também, nem sempre são consideradas em sala de aula, mesmo sendo respeitada a comunicação gestual/visual da Linguagem Brasileira de Sinais (LIBRAS). Assim, a proposta deste artigo é apresentar algumas necessidades/requisitos que uma interface deve apresentar para estimular a aquisição de um conceito, respeitando as representações adequadas à comunicação tanto de ouvintes quanto de surdos. São também propostas mensagens de *feedback* relacionadas com o tipo de erro cometido pelo usuário e a situação-problema envolvida, respeitando o desenvolvimento cognitivo de surdos e ouvintes.

**Palavras-chave:** software educativo, campo conceitual aditivo, educação inclusiva, representações simbólicas.

## 1. Introdução

Em propostas educacionais tem-se buscado a superação de dificuldades que os alunos apresentam na aquisição de conhecimentos matemáticos. O uso da tecnologia tem sido proposto como recurso para auxiliar no desenvolvimento conceitual dos alunos, mas é preciso observar o quanto as propostas levam em consideração as diferentes especificidades de alunos.

As diferentes perspectivas, que perpassaram a educação dos surdos, quanto à forma como a linguagem deve ser desenvolvida, geraram filosofias educacionais distintas que repercutiram em defasagens escolares significativas, como indicam KELLY, LANG E PAGLIARO (2003a). O oralismo – tentativa de reabilitação da surdez através da fala, a comunicação total – a utilização de qualquer recurso que favoreça a comunicação, e o bilingüismo – com respeito à linguagem natural do surdo e facilitação da aprendizagem da língua do país de origem, são filosofias diferenciadas e que não dão conta de superar defasagens entre surdos e ouvintes.

Embora, recentemente a LIBRAS (Linguagem Brasileira de Sinais) tenha sido reconhecida como alternativa para minimizar e atenuar dificuldades, os surdos, além de apresentarem algumas especificidades para aquisição de conhecimentos, sofrem com a limitação de experiências em seu ambiente familiar, tão ricas e necessárias para formalização do conhecimento escolar (GOLDFELD, 2002; ZARFATY, NUNES, BRYANT, 2004).

Portanto, este estudo centrou-se em propor o design de uma interface que explorasse uma diversidade de situações-problema do campo aditivo, estimulando o desenvolvimento cognitivo do surdo, mas que pode ser perfeitamente adequado ao usuário ouvinte, respeitando o contexto inclusivo. A proposta tem como referencial a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Entre os achados podemos apresentar as necessidades que uma interface educativa deve apresentar para contribuir com a aprendizagem de um campo conceitual.

Neste artigo há, inicialmente, uma breve apresentação das dificuldades de aprendizagem matemática observadas em alunos surdos, seguida da discussão dos principais pressupostos da Teoria dos Campos Conceituais e de como esta teoria pode auxiliar na superação de dificuldades matemáticas de ouvintes e de surdos. Apresenta-se, em seguida, de forma sucinta, a metodologia adotada com as respectivas técnicas aplicadas na coleta de dados e finaliza-se com a apresentação e discussão dos resultados obtidos e conclusões tiradas.

## **2. Dificuldades matemáticas apresentadas na resoluções de situações-problema por parte de alunos surdos**

Pesquisas anteriores mostram que ao longo dos anos os surdos têm apresentado mais dificuldades em Matemática, quando comparadas com a de ouvintes (HINE, 1970; AUSTIN, 1975; TITUS, 1995; NUNES E MORENO, 1998; TRAXLER, 2000; NUNES E MORENO, 2002; KELLY, LANG E PAGLIARO, 2003A; KELLY, LANG, MOUSLEY E DAVIS, 2003B; BULL, MARSCHARK E VALLEE, 2005; ZARFATY, NUNES, BRYANT, 2004).

A pesquisa de HINE (1970), apud ZARFATY, NUNES E BRYANT (2004), sobre o desempenho em Matemática de crianças surdas de 7 a 16 anos, encontrou um significativo atraso na aprendizagem. A compreensão aritmética de alunos de 10 e 15 anos equivalia, respectivamente, aos de crianças de 8 e 10 anos, evidenciando que a defasagem encontrada é bem acentuada.

Se focarmos a resolução de situações-problema, o baixo desempenho de estudantes surdos foi atribuído por TRAXLER (2000), apud KELLY, LANG E PAGLIARO (2003a), a uma combinação lingüística, cognitiva e de fatores experienciais. O conteúdo lingüístico pobre ou pouca habilidade com a linguagem foi considerado um dos principais fatores para as dificuldades de estudantes surdos com a Matemática. O desenvolvimento cognitivo e as experiências vividas fora e dentro da escola são diretamente relacionados a questões lingüísticas. O pouco desenvolvimento da linguagem afeta os relacionamentos da criança surda e as experiências por ela vivenciadas podem influenciar o seu desenvolvimento cognitivo.

Com este panorama, torna-se necessário que as situações matemáticas propostas em sala de aula inclusivas levem em conta dificuldades diversificadas na aquisição de conhecimentos matemáticos. Portanto, no presente estudo buscou-se suporte em uma teoria que considera aspectos variados do desenvolvimento conceitual e que possibilita o atendimento de especificidades de grupos de alunos.

## **3. Campo Conceitual Aditivo**

A Teoria dos Campos Conceituais proposta por Gérard Vergnaud teve enorme contribuição no presente estudo, uma vez que permite que vastos conjuntos de situações e conceitos sejam considerados, numa forma articulada, a fim de compreender como o conhecimento é adquirido e desenvolvido. De acordo com VERGNAUD (1986), um conceito está fundamentado num tripé, composto por *situações, invariantes e representações* (S, I,

R). As **Situações (S)** são o conjunto que tornam o conceito significativo, os **Invariantes (I)** referem-se a um conjunto de relações e propriedades que compõem o conceito e as **Representações (R)** são utilizadas na apresentação, descrição e operacionalização do conceito. A análise da situação-problema é um ponto central nesta teoria, como, também, o estudo dos processos e representações simbólicas utilizados pelos alunos para debater, discutir e resolver os problemas (VERGNAUD, 1991) e esta análise pode auxiliar na compreensão de onde residem as dificuldades de alunos e como auxiliá-los na superação das mesmas.

De acordo com esta teoria, as situações-problema envolvendo o raciocínio aditivo, exploram, entre outros conceitos, a adição e subtração que variam em significados envolvidos, em propriedades e relações - implícitas e explícitas na resolução de problemas - e em meios de representação simbólica desses conceitos.

Uma importante distinção feita na Teoria dos Campos Conceituais é a de que as dificuldades dos alunos podem ser de natureza **relacional** (associadas ao estabelecimento de relações entre os dados das situações-problema) ou de natureza **numérica** (ligadas a incompreensões do sistema de numeração e/ou da operacionalização dos números envolvidos no problema).

As situações-problema, que envolvem adições e/ou subtrações - isoladas ou em combinação, o número natural e/ou relativo, foram classificadas por (VERGNAUD, 1991), em seis categorias: composição de medidas; transformação aplicada a uma medida; comparação de medidas; composição de duas transformações; composição de relações; e transformação aplicada a uma relação.

Outra classificação de problemas aditivos foi proposta por CARPENTER E MOSER (1982) que explora apenas números naturais, distribuídas em quatro categorias: combinação, comparação, mudança e igualização. As quatro categorias resultam em 16 diferentes situações, dependendo de onde se situa o valor desconhecido. Estas categorias têm muitas semelhanças com a classificação proposta por Vergnaud e consideram que as situações-problemas aditivas apresentam diferentes significados.

Porque só números naturais estão envolvidos, no presente estudo a classificação de CARPENTER E MOSER (1982) foi usada porque o software foi direcionado para alunos das séries iniciais do Ensino Fundamental.

#### **4. Metodologia**

O foco do estudo foi propor e apresentar o design de uma interface que explorasse o campo aditivo, embasado na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, que foi testado com crianças e jovens surdos, mas que pode se adequar facilmente a ouvintes.

A metodologia utilizada para coletar os dados e estruturar a interface foi centrada no usuário, que implica em incorporar a perspectiva e considerar necessidades do usuário no processo de desenvolvimento e a mesma foi composta por uma análise dos competidores, ou seja, coletar em softwares concorrentes boas práticas e evitar problemas cometidos pelos concorrentes. Em seguida foi feita uma análise de uso dos softwares, que consistiu em observar algumas tarefas pré-determinadas que deveriam ser executadas pelos usuários participantes, resultando na proposição de um protótipo de baixa fidelidade que passou pela avaliação de especialistas – da Educação de surdos e de ensino de Matemática - e usuários finais.

Como resultados, encontramos requisitos gerais, ou seja, aplicados a qualquer software; específicos para usuários surdos e específicos para o campo conceitual aditivo. Fazemos destaque neste artigo para a forma de ajuda que explorava diagramas, de acordo com a situação-problema envolvida (combinação, comparação, mudança ou igualização), bem como, as mensagens de *feedback* que estavam diretamente ligadas à categorização abordada. Salienta-se que os problemas, mensagens de ajuda e feedback eram apresentados em português escrito e ícones em LIBRAS.

#### **5. Estratégias e representações exploradas por surdos**

No estudo focamos a categorização de CARPENTER E MOSER (1982), portanto adotamos a categorização: Combinação, Comparação, Transformação e Igualização e para cada uma dessas categorias escolhemos uma situação problema de acordo com o estudo de BORBA E SANTOS (1997) e, a partir desses problemas, e, usando a Teoria dos Campos Conceituais, apresentamos diagramas que tinham como objetivo levar aos usuários mobilizarem os invariantes corretos, além das mensagens de *feedback* que eram fornecidas de acordo com o tipo de erro cometido (relacional ou numérico).

O protótipo desenvolvido a partir dos requisitos apresentados e da contribuição dos especialistas (em Educação Matemática e LIBRAS) explorava três formas de ajuda: material

concreto, algoritmo e diagrama. A primeira tinha como objetivo permitir que o usuário manipulasse virtualmente objetos que envolviam as situações-problema propostas; a segunda permitia que o usuário estruturasse seu raciocínio através da organização do algoritmo; e a última, a que detalhamos e aprofundamos nesse estudo, chamada de *diagrama*, permitia que o usuário tivesse acesso a um diagrama relacionado ao tipo de problema (Combinação, Comparação, Mudança e Igualização).

Os diagramas explorados nesta forma de ajuda permitiam que cada situação-problema apresentada mobilizasse invariantes que tinham ligação direta com a categorização escolhida para este estudo. O diagrama – por sua representação esquemática da situação – era uma forma de facilitar a compreensão da estrutura do problema, principalmente para o usuário surdo, pois as representações em forma de desenhos retratavam a situação sem necessidade de expressão por meio de palavras.

Assim, para uma situação-problema que envolvia Combinação (situação-problema: Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?) eram mobilizados invariantes de um relacionamento estático entre duas quantidades e suas partes. Foi escolhido, portanto, um diagrama, apresentado na Figura 1, que explorava duas coleções de objetos (partes) resultando no todo da coleção através da soma das coleções envolvidas. Neste caso, havia um personagem com certa quantidade separado por uma linha tênue de outro personagem com outra quantidade. A junção do todo foi explorada através de um círculo envolvendo ambos os personagens. Dessa forma, objetivava-se auxiliar na compreensão que um todo é composto por partes e é possível determinar-se o todo se conhecendo as partes ou uma das partes conhecendo-se o todo e a outra parte.

As mensagens de *feedback* no caso dos problemas de Combinação alertavam para dois tipos de erro e eram apresentadas numa linguagem mais simplificada para privilegiar a compreensão do surdo. Foram propostas as seguintes sinalizações:

- JUNTOS ELES TÊM MENOS? (erro relacional);
- SOME NOVAMENTE. (erro numérico).

Assim, questionava-se se era possível obter uma quantidade menor que uma das partes (quando o usuário efetuava uma subtração ao invés de adição), ou ainda, quando adicionava parcelas de forma inadequada.

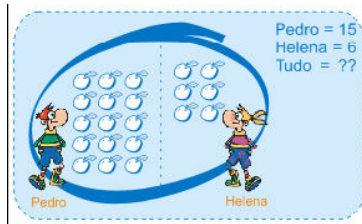


Figura 1. Diagrama de ajuda para problemas de Combinação

Para uma situação-problema que envolvesse uma Comparação (Situação-problema: Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?) entre duas quantidades estáticas, o diagrama, como apresentado na Figura 2, permitia identificar uma medida a partir da adição de outra medida a uma relação estática já existente. Neste caso, exploramos a metáfora de duas cestas inicialmente com a mesma quantidade de frutas, sendo uma quantidade acrescida a uma das cestas, evidenciando a diferença de quantidades das duas cestas.

As mensagens de *feedback* alertavam para dois tipos de erro, que poderiam ser cometidos pelo usuário:

- A MENINA TEM MENOS QUE O MENINO? (erro relacional);
- SOME NOVAMENTE. (erro numérico).

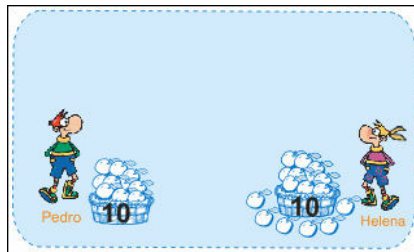


Figura 2. Diagrama de ajuda para problemas de Comparação

Assim, no caso dos problemas de Comparação, questionava-se o usuário sobre como obter a diferença das quantidades como excedente da quantidade maior, ou ainda, alertava-se para o cálculo inadequado.

Uma situação-problema de Mudança (Situação-problema: Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?), apresentava um diagrama, como visto na Figura 3, que envolvia um relacionamento dinâmico, ou seja, sofria alterações na quantidade inicial a partir de uma ação direta ou indireta, de aumento ou diminuição, no valor inicial. A variação desta categoria envolvia um resultado desconhecido e uma situação de decréscimo. Este

diagrama explorava o contraste de cores entre as frutas para simular um decréscimo no estado inicial dando origem ao estado final.

As mensagens de *feedback* no caso dos problemas de Mudança alertavam para erro relacional e numérico:

- A MENINA DEU LARANJAS AO MENINO. COMO ELA PODE TER MAIS? (erro relacional);
- DIMINUA NOVAMENTE. (erro numérico).

Neste caso, questionava-se, por exemplo, como uma quantidade final poderia ser maior se uma quantidade foi decrescida do valor inicial, ou ainda, indicava erro na estrutura ou resolução do algoritmo.

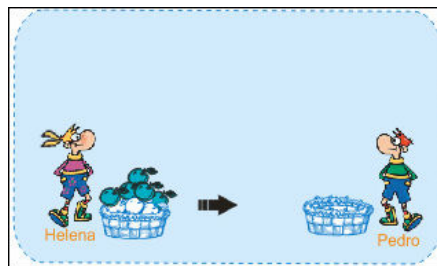


Figura 3. Diagrama de ajuda para problemas de Mudança

Na categoria de Igualização (Situação-problema: Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?) exploramos o invariante que mobilizava um relacionamento dinâmico no qual, a partir de uma comparação, quantidades são igualadas. Neste caso, como observado na Figura 4, usamos a metáfora de uma balança para sugerir o invariante mobilizado que consistia numa relação dinâmica a partir da comparação entre as medidas e igualização das mesmas.

As mensagens de *feedback* alertavam para dois tipos de erros, que poderiam ser cometidos:

- QUANTIDADE DE LARANJAS IGUAIS? (erro relacional);
- É PRECISO RETIRAR CERTA QUANTIDADE DO MENINO. (erro relacional);
- DIMINUA NOVAMENTE. (erro numérico).

No caso dos problemas de igualização, questionava-se o usuário sobre o valor a ser retirado para que as quantidades dos dois personagens ficassem as mesmas, inicialmente através de um questionamento e se o erro persistisse, através de uma afirmação. Se o tipo de erro fosse numérico, então, seria questionado quanto à realização do cálculo.

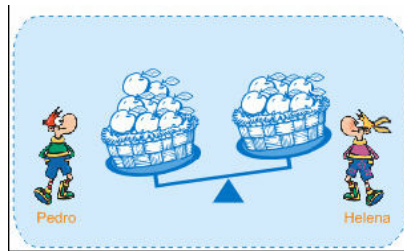


Figura 4. Diagrama de ajuda para problemas de Igualização

As formas de ajuda exploradas eram de fácil compreensão por parte dos usuários participantes do estudo e atendiam ao proposto neste estudo, uma vez que mobilizavam invariantes variados da adição e da subtração.

Com os resultados da pesquisa, conseguimos validar algumas necessidades que podem contribuir significativamente na interação e, por consequência, na aprendizagem de surdos e ouvintes, explorando, assim, um contexto inclusivo. Dentre as necessidades destacamos:

- A inteligibilidade e clareza na interação dada a especificidade da comunicação dos surdos, mas também o vocabulário que encontra-se em construção dos ouvintes. Este item referia-se ao uso de um vocabulário simplificado nos diálogos e nomenclatura dos itens que compõem a interface;
- A presença de ícones representativos das funções, que atendiam a necessidade dos surdos (com os ícones em LIBRAS) e dos ouvintes (através de uma legenda);
- O uso do contraste de cores e alertas visuais para indicar a trajetória a ser usada na interação, bem como, a forma gráfica e contextualizada, tanto da interface quanto da proposta do software;
- A possibilidade de um modo de simulação, que consistia em apresentar ao usuário, surdo ou ouvinte, a forma de interagir com o software, evitando tutoriais escritos ou em áudio, que além de cansativos, entediam;
- As mensagens de *feedback* voltadas ao tipo de erro cometido, orientando e alertando para a necessidade de rever uma ação ou conceito;
- O uso de recursos motivacionais, como por exemplo, personagens e tema contextualizado com as atividades a serem exploradas;
- A disponibilização ao usuário de uma variedade de representações de uma mesma situação-problema (algoritmo, material concreto e diagrama), como forma de contribuir para encontrar o resultado correto;

- A proposta das mensagens de *feedback* estarem relacionadas com o tipo de situação-problema e o invariante a ser mobilizados.

Nesta perspectiva, foi possível verificar que embora surdos e ouvintes tenham especificidades diferenciadas de comunicação, as estratégias usadas exploram o campo espacial e visual, natural da especificidade da linguagem LIBRAS, e que podem ser perfeitamente adequados a uma interface com proposta de uso em meio inclusivo.

## **6. Considerações finais**

A possibilidade de considerar os uso de estratégias distintas das usadas por ouvintes, bem como, o reconhecimento de outras formas de representação do campo conceitual aditivo, sinaliza para a necessidade de revermos a postura educacional do professor.

Sabemos que em muitas aspectos surdos e ouvintes podem apresentar semelhanças, mas o estímulo cognitivo pode advir do respeito às especificidades de comunicação de cada grupo de alunos, destacando-se que o visual/espacial é o cerne da comunicação de surdos.

Assim, foi possível validar que software que apresentam ajuda e mensagens de *feedback* adequadas a cada conjunto de situações têm mais possibilidade de sucesso e oportunizam uma aprendizagem mais significativa e autônoma, respeitando as especificidades da comunicação de surdo e considerando um contexto inclusivo, ao invés de interfaces que apenas sinalizam o erro sem dar pistas para a construção da aprendizagem. Observa-se, ainda, que estas características contribuem para que dois perfis de usuários – surdos e ouvintes – possam compartilhar mesmos softwares sem distinção por forma de comunicação.

## **Referências**

AUSTIN, G. F. Knowledge of selected concepts obtained by an adolescent deaf population. *American Annals of the Deaf*, 120, p. 360-370, 1975.

BORBA, R. E. S. R; SANTOS, R. B. Investigando a resolução de problemas de estruturas aditivas por crianças de 3ª série. *Revista Tópicos Educacionais*, Recife, 15(3): 105-124, 1997.

BULL, R.; Marschark, M; Blatto-Vallee, G. SNARC hunting: Examining number representation in deaf students. *Learning and Individual Differences*, v. 15, nº 3, p. 223-226, 2005.

CARPENTER, T.P.; MOSER, J.M. The development of addition and subtraction problem-solving skills. In: Carpenter, T.P.; Moser, J.M.; Romberg, T. A. (Eds.) *Addition and subtraction: a cognitive perspective*, páginas 123-146. Hillsdale: Erlbaum, 1982.

CARRAHER, T. N.; CARRAHER, D.; SCHLIEMANN, A. *Na vida dez, na escola zero*. 2ª edição. São Paulo: Cortez, 1988.

GOLDFELD, M. *A criança surda*. Linguagem e cognição numa perspectiva sóciointeracionista. São Paulo: Plexus, 2002.

HINE, W. D. The attainment of children with partial hearing. *Journal of the British Association of Teachers of the Deaf*, 68, p. 129-135, 1970. In Zarfaty Y.; Nunes T.; Bryant P. The Performance of Young Deaf Children in Spatial and Temporal Number Tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 9, nº 3, p. 315-326, 2004.

KELLY, R. R; LANG, H. G; PAGLIARO, C. M. Mathematics Word Problem Solving for Deaf Students: A Survey of Practices in Grades 6-12. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 8(2):104-119, 2003a.

KELLY, R. R; LANG, H. G; PAGLIARO, C. M. Deaf College Student's Comprehension of Relational Language in Arithmetic Compare Problems. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 8, nº 2, p. 120-132, 2003b.

MAGINA, S.; CAMPOS, T. M. M.; NUNES, T.; GITIRANA, V. *Repensando adição e subtração*. Contribuições da teoria dos campos conceituais. 1ª edição. São Paulo: PROEM, 2001.

NUNES, T.; MORENO, C. Is hearing impairment a cause of difficulties in learning mathematics? In C. Donlan (ed.). *The development of mathematical skills*, p. 227-254, 1998. Hove, UK: Psychology Press apud Zarfaty Y.; Nunes T.; Bryant P. The Performance of Young Deaf Children in Spatial and Temporal Number Tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 9, nº 3, p. 315-326, 2004b.

NUNES, T.; MORENO C. Promoting deaf pupils' achievement in mathematics. *Journal of*

*Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 7, nº 2, p. 120-133, 2002.

TITUS, J. C. The concept of fractional number among of deaf and hard of hearing students. *American Annals of the Deaf*, 140, p. 255-263, 1995.

TRAXLER, C. B. The Stanford Achievement Test, ninth edition: National norming and performance standards for deaf and hard-of-hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 5, p. 337-348, 2000.

VERGNAUD, G. *Psicologia do desenvolvimento cognitivo e didática das matemáticas*. Un exemplo: as estruturas aditivas. *Análise Psicológica*, 1(5):76-90. 1986.

VERGNAUD, G. *El niño, las matemáticas y la realidad*. Problemas de la enseñanza em la escuela primaria. México: Trilhas, 1991.

ZARFATY, Y.; NUNES, T.; BRYANT, P. The Performance of Young Deaf Children in Spatial and Temporal Number Tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(3):315-326, 2004.