

Promovendo o Sucesso das Crianças Surdas em Matemática: Uma Intervenção Precoce¹

Terezinha Nunes

Departamento de Educação, Universidade de Oxford
Inglaterra
terezinha.nunes@education.ox.ac.uk

Debora Evans

Departamento de Educação, Universidade de Oxford
Inglaterra
deborah.evans@education.ox.ac.uk

Rossana Barros

Departamento de Educação, Universidade de Oxford
Inglaterra
rossana.barros@education.ox.ac.uk

Diana Burman

Departamento de Educação, Universidade de Oxford
Inglaterra
diana.burman@education.ox.ac.uk

Resumo²

Ao iniciar o ensino fundamental, as crianças surdas mostram uma defasagem no conhecimento de três conceitos matemáticos cuja compreensão é fundamental para o sucesso em matemática: composição aditiva de números, correspondência um-a-muitos, e compreensão da relação inversa entre adição e subtração. O objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos sobre a aprendizagem de matemática de se promover o desenvolvimento desses conceitos no início da escolaridade das crianças surdas. Realizamos dois estudos em que professores especializados utilizaram nosso programa de ensino para promover a compreensão desses conceitos por seus alunos surdos. Os alunos que participaram da intervenção mostraram uma aceleração na aprendizagem de matemática em comparação com um grupo de controle, embora os dois grupos tenham tido o mesmo número de aulas. Portanto, uma intervenção precoce pode ser eficaz na melhoria do rendimento das crianças surdas em matemática.

Palavras chave

Educação matemática, crianças surdas, intervenção precoce, conceitos básicos.

¹ Este trabajo corresponde a una conferencia paralela dictada en la XIII CIAEM, celebrada en Recife, Brasil el año 2011.

² El resumen y las palabras clave en inglés fueron agregados por los editores.

Abstract

In the beginning of primary education, deaf children show a delay in their knowledge of three mathematical concepts that must be understood for success in school mathematics: additive composition of numbers, one-to-many correspondence, and understanding of the inverse relation between addition and subtraction. The objective of the present study was to analyze the effects on mathematics learning of promoting deaf children's understanding of these concepts at the beginning of primary school. Two studies were conducted in which of the deaf teachers used our teaching program to promote the understanding of these concepts with their deaf students. The students that participated in the intervention showed an accelerated learning of mathematics in comparison to a control group, although the two groups had the same number of classrooms. Therefore, an early intervention can be effective in improving deaf children's mathematics achievement.

Key words

Mathematics education, deaf children, early intervention, basic mathematical concepts.

Apesar de muitos avanços na educação dos alunos surdos, seu rendimento médio em matemática não tem mostrado progresso (para uma revisão sistemática da literatura, ver Gottardis, Nunes, & Lunt, 2011). A média dos alunos surdos numa prova padronizada de matemática ao terminarem o ensino fundamental é baixa e os coloca em desvantagem no mercado de trabalho e na continuação de seus estudos (Traxler, 2000). Poder-se-ia pensar que esse baixo rendimento é explicado por deficiências inatas no processamento numérico associadas à surdez ou mesmo por um nível intelectual mais baixo. No entanto, existem estudos que demonstram que nenhuma dessas duas hipóteses é sustentável. Braden (1994) realizou uma revisão sistemática e extensa da literatura sobre surdez e desenvolvimento intelectual e concluiu que a deficiência auditiva não está associada à deficiência intelectual. Quando ao processamento numérico, existem pelo menos dois estudos (Bull, Blatto-Vallee, & Fabich, 2006; Zarfaty, Nunes, & Bryant, 2004) que mostram claramente que crianças e adultos surdos representam e processam informações numéricas tão bem como os ouvintes quando as informações e tarefas são apresentadas de tal forma que a contagem não participe da tarefa.

Uma análise detalhada do desempenho das crianças surdas em comparação com crianças ouvintes da mesma idade proporcionou-nos indicações significativas de como se pode explicar a defasagem no desempenho das crianças surdas em matemática. Essa análise indica as circunstâncias em que as crianças ouvintes superam as crianças surdas sistematicamente e as circunstâncias em que isso não ocorre.

Entre três e quatro anos, as crianças ouvintes tornam-se capazes de reproduzir quantidades discretas que lhes foram apresentadas mesmo quando essas quantidades não estão mais visíveis (Saxe, Guberman, & Gearhart, 1987). A reprodução numérica na ausência de um modelo exige a representação numérica. Quando as quantidades são pequenas, no máximo até 4 itens, as crianças dessa idade são capazes de executar a tarefa mesmo que não saibam contar. Zarfaty, Nunes e Bryant (2004) observaram que não existe nessa tarefa nenhuma defasagem entre crianças surdas educadas oralmente e ouvintes em um estudo feito na Inglaterra e Barbosa (2011) obteve resultados semelhantes com crianças de 5 anos educadas em língua de sinais no Brasil. Portanto,

quando a representação numérica pode ser feita sem o uso de sistemas convencionais socialmente transmitidos, as crianças surdas se saem tão bem quanto as ouvintes.

Em um estudo que cobriu uma variedade de aspectos da competência numérica de crianças do pré-escolar, Kritzer (2009) confirmou que as crianças surdas mostram um desempenho semelhante ao das crianças ouvintes quando as tarefas não exigem a coordenação da contagem com esquemas de ação. Quando as tarefas são apresentadas visualmente e as crianças podem utilizar esquemas de ação, seu desempenho é comparável ao das crianças ouvintes. No entanto, em tarefas que exigem a participação de aprendizagens socialmente transmitidas, as mesmas crianças mostraram um desempenho inferior ao das crianças ouvintes. Portanto, as crianças surdas mostram dificuldades no domínio dos conhecimentos matemáticos socialmente transmitidos e adquiridos informalmente pelas crianças ouvintes antes de ingressar na escola.

Essa análise sugere que a defasagem das crianças surdas em matemática talvez possa ser explicada pela frequência limitada de interações que estimulem o desenvolvimento do raciocínio matemático antes de seu ingresso na escola. Preocupados com a linguagem, os adultos a seu redor talvez não focalizem a atenção necessária para promover a construção de conceitos matemáticos informais. Estudos anteriores mostram que, quando as crianças ouvintes chegam à escola sem compreender certos conceitos, seu desempenho em matemática tende a ser localizado no terço inferior da distribuição de resultados. O conhecimento de três conceitos consistentemente prediz os resultados em matemática, mesmo quando se controlam habilidades cognitivas mais gerais: a composição aditiva de número, a relação inversa entre adição e multiplicação, e a compreensão elementar do raciocínio multiplicativo (Nunes, Bryant, Evans, Bell, Gardner, Gardner & Carraher, 2007).

Nossos estudos anteriores (Nunes et al., 2008; 2009 *a* e *b*) mostram que as crianças surdas não se saem tão bem quanto as crianças ouvintes nos primeiros anos da escola nas avaliações desses conceitos. No entanto, os estudos mostram também que é possível promover a compreensão desses conceitos entre as crianças surdas através de intervenções especificamente planejadas para elas. Essas intervenções devem apoiar-se tanto quanto possível na apresentação de problemas com apoio visual, sendo todas as informações relevantes apresentadas simultaneamente (e não em seqüência). É importante também que as crianças possam usar objetos para resolver os problemas utilizando esquemas de ação. Nesses estudos, o ensino foi sempre feito pelos próprios pesquisadores e individualmente. Portanto, mesmo tendo sido eficaz, não se pode saber se ele seria igualmente eficaz quando fosse feito em sala de aula. Além disso, nos estudos anteriores se analisou somente a eficácia do ensino desses conceitos, não se avaliou se sua aprendizagem teria repercussão sobre o rendimento matemático dos alunos surdos.

No presente trabalho, relatamos dois estudos cujo objetivo foi analisar os efeitos do ensino desses três conceitos sobre o rendimento matemático de alunos surdos quando o programa foi implementado em sala de aula pelos próprios professores. Os dois estudos buscam dar um passo essencial quando se vai do laboratório para a sala de aula, analisando os efeitos da intervenção através de um modelo de estudo conhecido como intenção de participação. Nesse planejamento, são definidos como integrando o grupo de intervenção todos os alunos cujos professores se inscreveram como participantes

do estudo. Sabe-se, no entanto, que os professores têm diversas prioridades em seu cotidiano e que devem dar atenção à implementação de todo um currículo com diferentes disciplinas, não somente a matemática. Portanto, se um programa de intervenção em matemática não for exequível dentro das condições reais da sala de aula e não despertar nos professores e alunos a motivação necessária para sua implementação, o programa não terá êxito.

Descrevemos na seção subsequente os aspectos comuns aos dois estudos e, posteriormente, os aspectos específicos de cada estudo.

1 Os estudos empíricos

Em ambos os estudos, utilizamos um planejamento quase-experimental, em que os professores, e não os alunos, são alocados ao grupo de intervenção ou ao grupo de comparação. Existem estatísticas apropriadas à análise desse plano de pesquisa (análise de covariância), que serão utilizadas em ambos os estudos. O convite aos professores para participação no estudo foi feito através de um anúncio na revista britânica para professores de surdos e de mensagens eletrônicas enviadas diretamente às diretoras de escolas especializadas para surdos ou escolas regulares em que, segundo informações oficiais, estavam matriculadas crianças surdas. Os professores foram alocados ao grupo de intervenção até que atingíssemos nossa meta quantitativa. Esses professores foram convidados a participar de um treinamento para que pudessem utilizar os materiais de ensino, o qual teve lugar no início do ano escolar. Os professores que responderam ao convite posteriormente foram alocados a um grupo de comparação e participaram do mesmo treinamento no final do ano escolar para que pudessem utilizar os materiais no ano seguinte. Esse plano de pesquisa é conhecido como lista de espera, e tem a vantagem de que todos os professores responderam espontaneamente ao convite e desejavam participar do estudo, controlando-se assim sua motivação para o ensino de matemática. Antes do início do programa de ensino, os alunos foram avaliados em medidas que, conforme constatado em estudos anteriores, predizem o desempenho escolar em matemática. Essas avaliações constituem o pré-teste e são necessárias como controles na análise de covariância. Após a implementação do programa, os alunos responderam a uma avaliação de seu desempenho em matemática. Essa avaliação constitui o pós-teste.

Como mencionado anteriormente, em ambos os estudos seguimos o modelo chamado intenção de participar do programa. Essa escolha é importante do ponto de vista da validade ecológica do estudo. Segundo esse modelo, o programa é concebido como um recurso que os professores controlam e implementam segundo o ritmo que lhes parece apropriado para seus alunos. O modelo reconhece que os professores são profissionais treinados para tomar decisões e precisam coordenar as diversas atividades de seus alunos num currículo que inclui outras disciplinas além da matemática. As únicas padronizações solicitadas firmemente pelos pesquisadores são que os professores utilizem o programa nos períodos escolares previstos para o ensino de matemática, a fim de que o tempo dedicado à matemática não seja maior do que o habitual, e que as atividades sejam implementadas na seqüência em que foram programadas. Como

na Inglaterra as escolas devem seguir um currículo nacional, que prevê o número de aulas de matemática por semana, sua duração e seu conteúdo, os alunos do grupo de intervenção não devem ter recebido mais instrução em matemática do que os do grupo de comparação.

Estudo 1

Participantes

Nossa meta quantitativa para o grupo de intervenção era de 30 alunos e alocamos professores a esse grupo até que obtivemos esse número de crianças no grupo de intervenção. Os alunos dos professores que responderam ao convite posteriormente foram alocados ao grupo de comparação. O estudo incluiu 75 alunos do primeiro e segundo anos por ocasião do pré-teste, 30 recrutados para o grupo de intervenção e 45 para o grupo de controle. Um aluno do grupo de intervenção foi posteriormente identificado como tendo outras necessidades especiais e foi excluído do estudo. Infelizmente, 5 alunos do grupo de intervenção e 3 do grupo de comparação não foram encontrados na ocasião do pós-teste por motivos diversos (mudança de cidade, doença, férias antecipadas dos pais). Por ocasião do pós-teste, havia 24 alunos no grupo de intervenção e 42 no grupo de controle. Os alunos do grupo de intervenção provinham de 8 escolas e os do grupo de comparação de outras 8 escolas. A média de idade dos alunos no início do estudo no grupo de intervenção foi de 6 anos e 6 meses ($DP=1,15$ anos) e no grupo de comparação foi de 6 anos e 5 meses ($DP=0,86$). Essa diferença não foi estatisticamente significativa. O nível de perda auditiva mínimo foi moderado, não havendo crianças com perda auditiva leve. O nível médio de perda nos grupos não diferiu significativamente. Dezesesseis alunos tinham implante coclear, sendo que essa distribuição diferiu significativamente entre os dois grupos: 24% das crianças do grupo de comparação tinham implantes cocleares enquanto que apenas 8% das crianças do grupo de intervenção tinham implantes. Isso significa que precisaremos estudar o efeito dos implantes sobre as variáveis relevantes nesse estudo.

Medidas

Tendo em vista a natureza quase-experimental do estudo, é necessário avaliar as crianças antes da implementação do programa de ensino para que se possa incluir as variáveis que devem ser controladas na análise de covariância. Decidimos avaliar as crianças em três medidas que predizem o desempenho em matemática das crianças em estudos longitudinais: uma medida de seu raciocínio matemático, uma avaliação de suas habilidades cognitivas, e uma avaliação de sua memória de trabalho (Nunes *et al.*, 2007). Essas avaliações foram administradas individualmente por uma pesquisadora treinada (uma das autoras) e usuária da língua britânica de sinais. As instruções foram dadas na linguagem utilizada pela escola, oral ou de sinais.

O teste de raciocínio matemático (Nunes & Bryant, 2000) contém 28 itens e é apresentado à criança com o apoio de figuras. Os itens referem-se a conceitos como composição aditiva de números, raciocínio aditivo e raciocínio multiplicativo. O número total de respostas corretas é a medida do raciocínio matemático.

Para a avaliação das habilidades cognitivas escolhemos o sub-teste matrizes da Escala Britânica de Habilidades (British Abilities Scale, BAS, Elliott, Smith, & McCulloch, 1997), que é uma avaliação não-verbal. Apresenta-se à criança uma série de matrizes que envolvem uma classificação dupla, por exemplo por forma e cor, ou tripla (forma, cor e orientação, por exemplo). As matrizes, 2x2 ou 3x3, têm todas as células preenchidas, exceto uma. A criança deve identificar entre seis opções qual a que completaria a matriz corretamente. A tarefa torna-se progressivamente mais difícil e é interrompida quando a criança comete um determinado número de erros. O número de respostas corretas é a medida da habilidade cognitiva.

A medida de memória de trabalho que escolhemos foi desenvolvida por Pickering e Gathercole (2001) e prediz o desempenho em matemática após controlar-se o desempenho das crianças nas tarefas anteriores (Nunes *et al.*, 2007). A criança vê diferentes números de círculos vermelhos em páginas seguidas de um livro de estímulos e deve contar os círculos em cada página separadamente; em seguida, deve lembrar-se do número de círculos em cada página na ordem de apresentação. O teste começa com a apresentação de apenas uma página, e a criança precisa lembrar-se de apenas um número. O número de páginas é aumentado progressivamente; um item é caracterizado pelo conjunto de páginas que o compõe. O teste é organizado em blocos de seis itens e a tarefa é interrompida se a criança não alcançar quatro respostas corretas no mesmo bloco. A medida de memória de trabalho é o número de itens respondido corretamente.

A medida do desempenho das crianças em matemática usada no pós-teste foi o Indicador de Desempenho na Escola Primária (Performance Indicator in Primary School, PIPS, Tymms *et al.*, 2003), uma avaliação padronizada para crianças ouvintes mas que foi adaptada por seus autores para uso com crianças surdas por uma pesquisadora surda do grupo. As instruções em língua de sinais foram gravadas em vídeo e usadas para treinamento das pesquisadoras nesse estudo. O teste tem diferentes níveis de dificuldade; o nível utilizado nesse estudo foi o teste para o segundo ano, uma vez que os alunos estavam no final ou do primeiro ou do segundo ano. O teste completo tem 35 itens, organizados por ordem de dificuldade, mas nossas investigações anteriores mostraram que nenhum aluno surdo nas duas séries iniciais teve sucesso em itens posteriores ao vigésimo. Para evitar apresentar aos alunos itens muito além de seu nível de aprendizagem, o teste foi limitado aos primeiros 22 itens. Os itens apresentados incluem questões que cobrem vários aspectos do currículo: números ordinais (por exemplo, marque o terceiro caminhão), identificar e completar seqüências visuais (por exemplo, uma carinha rindo, duas tristes, repetindo-se o padrão, que a criança deve completar), identificação de moedas, leitura de gráficos, somas, subtrações, multiplicações e divisões, problemas com as operações de soma e subtração, e questões elementares sobre frações (quanto é metade de 6?). O teste prediz o desempenho posterior dos alunos em avaliações padronizadas de matemática.

Implementação do programa de ensino

Os professores que trabalharam com o grupo de intervenção participaram de um dia de treinamento intensivo antes do início do ano; os professores do grupo de comparação participaram do mesmo treinamento depois do pós-teste. A fim de verificar o

andamento do treinamento, uma das pesquisadoras mantinha contacto periodicamente com os professores por telefone, visitas ou mensagens eletrônicas. Esse contacto nos auxiliava a monitorar a implementação do programa e esclarecer dúvidas. Como indicado anteriormente, o grupo de intervenção foi definido pela intenção de participação e todos os resultados são incluídos na análise, mesmo que os professores não tenham atingido o final do programa antes do pós-teste.

O programa visa promover a construção de três conceitos: composição aditiva de números, relação inversa entre adição e subtração e raciocínio multiplicativo baseado na correspondência um-a-muitos. As atividades são apresentadas visualmente, complementando as instruções na linguagem usada normalmente na escola. Pedimos aos professores que dessem aos alunos cubos pequenos que eles pudessem utilizar se decidissem resolver alguma questão através de esquemas de ação. O programa inclui uma variedade de atividades, apresentadas pelos professores de diversas maneiras: por exemplo, com auxílio de materiais concretos, com o suporte de figuras nos livros de atividades ou ainda com o suporte de projeções em tela de computador ou retro-projetor. As atividades ligadas aos três conceitos aparecem em diferentes níveis de dificuldade. Os conceitos não são apresentados em seqüência; as atividades relacionadas aos diferentes conceitos e com níveis semelhantes de dificuldade são intercaladas no programa.

As atividades criadas para promover o conceito de composição aditiva focalizam dois aspectos desse conceito, o valor relativo e a combinação de valores diferentes para compor um só valor. As atividades iniciais referem-se ao valor relativo: por exemplo, no decorrer de um jogo as crianças trocam uma moeda de dois centavos por duas moedas de um. As atividades de composição de quantidades envolvem a compra de objetos por valores determinados usando moedas que constituem a quantia exata. Os itens tornam-se mais difíceis, usando números maiores e maior variação no valor das moedas.

As atividades criadas para desenvolver a compreensão da relação inversa entre adição e subtração iniciam-se com objetos. Os professores apresentam uma série de perguntas cujo nível de dificuldade aumenta progressivamente. Nos itens iniciais, o professor pede aos alunos que contem o número de blocos usados para formar um bastão (por exemplo, 8) e depois cobre o meio do bastão para que não se possa mais contar os blocos. Em seguida, o professor acrescenta um número de blocos de cor diferente à extremidade visível do bastão (por exemplo, 9) e retira os mesmos blocos, enquanto explica que está adicionando e subtraindo o mesmo número de blocos ao bastão. Em seguida, o professor pergunta quantos blocos há no bastão depois da adição e da subtração. Os números são escolhidos propositadamente para que os alunos de 1ª ou 2ª série não saibam essas somas de memória. No entanto, o problema é simples, pois os alunos são capazes de perceber que a subtração efetuada anulou a adição, uma vez que os blocos tinham cor diferente dos que haviam sido utilizados para formar o bastão inicialmente. Os problemas às vezes envolvem o mesmo número na adição e subtração (por exemplo, $+5 -5$) e outras vezes envolvem números que diferem por uma unidade (por exemplo, $+6 -5$). Isso exige que os alunos estejam sempre atentos. As questões tornam-se progressivamente mais difíceis: por exemplo, os blocos são acrescentados em um lado do bastão e retirados do outro lado, e portanto não são mais os mesmos blocos. Os

alunos recebem feedback, verificando se disseram corretamente o número de blocos no bastão. Posteriormente, são apresentados problemas com figuras ao invés de materiais concretos e os números nos problemas são aumentados gradualmente. Finalmente, são incluídos problemas baseados em histórias de situações aditivas em que pode faltar a informação sobre a quantidade inicial, a transformação, ou a quantidade final. Quando o problema apresenta a informação sobre a quantidade inicial e a transformação, chama-se problema direto, pois se a história é, por exemplo, sobre alguém que ganhou alguns doces, a resolução do problema é feita por uma soma. No entanto, quando o problema tem a mesma história sobre alguém que ganhou alguns doces, mas falta a informação inicial, o problema chama-se inverso, pois a história é sobre ganhar doces mas a resolução se faz por subtração. Essas questões não têm como objetivo praticar o cálculo, mas levar os alunos a pensar sobre a relação inversa entre adição e subtração.

Os problemas que envolvem raciocínio multiplicativo envolvam o esquema de correspondência um-a-muitos. Em alguns problemas a criança deve encontrar o produto enquanto que em outros deve encontrar o quociente: por exemplo, explica-se às crianças que vamos organizar uma festa e cada criança que vier à festa vai ganhar 2 balões; temos 18 balões; pergunta-se à criança quantos convidados podemos ter. A criança recebe 18 figuras representando um balão cada uma, e deve organizar os balões de forma a responder a questão, ou seja, deve fazer pares de balões e compreender que a cada par corresponde um convidado. Os problemas iniciais são solucionados com o auxílio de materiais concretos; posteriormente, são introduzidos problemas apresentados como histórias ilustradas com desenhos.

Em todas as atividades, os professores não devem perguntar apenas qual a resposta, mas devem solicitar também que os alunos expliquem como chegaram às suas respostas. A discussão dos métodos usados pelas crianças é essencial para que elas tomem consciência das diversas maneiras que podem usar para pensar sobre a mesma situação. O programa completo de intervenção em inglês pode ser baixado do site www.education.ox.ac.uk/childlearning/resources.

Resultados

Os grupos não mostraram diferenças significativas no pré-teste em nível de perda auditiva e em nenhuma das provas do pré-teste. A presença do implante coclear não mostrou efeito estatisticamente significativo sobre nenhuma das medidas; portanto, não foi considerado necessário incluir essa variável como controle na análise de covariância. O nível de perda auditiva não mostrou uma correlação significativa com os resultados da prova de matemática administrada no pós-teste, e portanto não foi incluído como controle na análise de covariância. Em contraste, as três medidas do pré-teste mostraram correlações significativas com o teste de matemática e, portanto, foram incluídas como controles na análise de covariância.

A fim de verificar se o grupo de intervenção diferiu significativamente do grupo de comparação no pós-teste, realizamos uma análise de covariância em que a variável dependente era o desempenho no teste PIPS de matemática; a idade das crianças nessa ocasião e os testes de raciocínio matemático, habilidade cognitiva e memória de trabalho foram utilizados como controles. Essa análise, portanto, responde à seguinte

questão: os alunos do grupo de intervenção demonstraram mais progresso do que o grupo de comparação quando se considera sua idade, raciocínio matemático, habilidade cognitiva e memória de trabalho?

A análise de covariância mostrou um efeito significativo do raciocínio matemático ($F_{1,64} = 6,11$; $p = 0,02$) e da habilidade cognitiva ($F_{1,64} = 11,81$; $p < 0,001$), mas não da idade ou da memória de trabalho. Após o controle dessas variáveis, o grupo de intervenção mostrou uma média de 6,32 no teste de matemática e o grupo de comparação uma média de 3,47. Essa diferença foi estatisticamente significativa ($F_{1,64} = 10,14$; $p = 0,002$). O efeito de acordo com a fórmula *d* de Cohen foi 0,64, ou seja, a diferença entre os dois grupos foi de um pouco mais do que meio desvio padrão. Essa diferença é importante em termos educacionais, uma vez que as crianças não haviam recebido mais horas de aulas de matemática e as escolas não haviam investido recursos consideráveis na intervenção. Portanto, uma intervenção precoce que focalize os conceitos básicos considerados nesse estudo pode ser efetivamente implementada por professores e levar a melhores resultados em matemática por seus alunos surdos.

Estudo 2

No segundo estudo, nossa meta quantitativa foi aumentada e o contacto com os professores foi reduzido, a fim de aumentar a validade ecológica do estudo, pois em condições habituais de implementação de um programa os professores não recebem acompanhamento externo. No entanto, os professores tinham a opção de enviar-nos mensagens por email caso desejassem esclarecer alguma dúvida. Em virtude do interesse demonstrado por escolas e professores, ampliamos a faixa etária para participação, incluindo alunos até os 10 anos. Além disso, desenvolvemos para esse estudo uma série de jogos que os alunos poderiam jogar no site do programa, a fim de ampliar suas possibilidades de uso dos conceitos ensinados em sala de aula. Excetuando-se essas diferenças, o planejamento, recrutamento de participantes e implementação do segundo estudo seguiram as mesmas diretrizes do primeiro.

Participantes

Nossa meta quantitativa para o grupo de intervenção era de aproximadamente 100 alunos e alocamos professores ao grupo de intervenção até obtermos 95 crianças, que estavam distribuídas em 28 escolas. O grupo de comparação provinha de 10 escolas e era constituído por 43 alunos. A média de idade do grupo de comparação foi 7 anos e 3 meses ($DP=1,2$ anos) e do grupo de intervenção 8 anos ($DP=1,16$ anos). Essa diferença mostrou ser estatisticamente significativa e a idade será controlada estatisticamente na análise de covariância. A perda auditiva foi no mínimo moderada em ambos os grupos, mas a perda média mostrou ser mais elevada no grupo de intervenção. Embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa, aproximou-se do nível de significância ($p=0,6$), sendo, pois, necessário considerar o efeito do nível de perda auditiva sobre as medidas usadas nesse estudo. A percentagem de crianças com implante coclear mostrou ser muito semelhante nos dois grupos: 31% no grupo de comparação e 38% no grupo de intervenção; essa diferença não foi estatisticamente

significante. Portanto, não há necessidade de se controlar a presença do implante coclear nas análises.

Método

Como no estudo anterior, o plano desse estudo é quase-experimental e requer o uso da análise de covariância em que se controlam variáveis relevantes, medidas no pré-teste. Nesse estudo, decidimos usar, além das medidas usadas anteriormente, uma avaliação da capacidade da criança de contar até 60, uma vez que um estudo recente (Kritzer, 2009) indicou que o nível de dificuldade das tarefas de matemática aumenta significativamente para crianças surdas quando os valores usados nas tarefas são maiores. No presente estudo, apresentamos às crianças uma fita com 65 macacos e pedimos às crianças que contassem os macacos. A escolha desse marco para a contagem deve-se ao fato de que estudos anteriores (Miller & Stigler, 1987; Nunes & Bryant, 1996) mostram que, quando a criança é capaz de contar até 60, o processo de contagem não se apóia somente na memória, mas envolve também a compreensão do sistema de contagem. A criança foi considerada como bem sucedida nessa medida quando foi capaz de contar todos os macacos com no máximo um erro de contagem.

Resultados

No grupo de intervenção, 66% das crianças foram bem sucedidas na prova de contagem enquanto que no grupo de controle apenas 55% das crianças atingiram o critério. Essa diferença não foi significativa estatisticamente, mas como a tarefa mostra uma correlação significativa com o resultado no teste PIPS ela deve ser incluída entre os controles na análise de covariância. A única diferença significativa observada entre os dois grupos no pré-teste foi no teste de raciocínio matemático, em que o grupo de intervenção superou o grupo de comparação. Sendo o plano do estudo quase-experimental, as medidas que predizem o desempenho em matemática serão todas incluídas como controles na análise de variância.

A comparação entre o grupo de intervenção e o grupo de comparação foi feita por meio de uma análise de covariância, em que o resultado no teste de matemática PIPS foi a variável dependente. Os controles utilizados foram a idade por ocasião do pós-teste, o nível de perda auditiva, e o desempenho nas tarefas de contagem, raciocínio matemático, habilidade cognitiva e memória de trabalho. Nessa análise, o nível de perda auditiva e a medida de habilidade cognitiva não foram significantes. Em contraste, foram significantes o conhecimento da série numérica ($F_{1,127} = 7,77$; $p < .01$), a memória de trabalho ($F_{1,127} = 9.68$; $p < .01$) e o raciocínio matemático ($F_{1,127} = 53.93$; $p < .001$).

A média no teste de matemática PIPS, ajustada em função dos controles, foi de 13,72 para o grupo de intervenção de 12,06 para o grupo de comparação. Essa diferença foi estatisticamente significativa ($F_{1,127} = 5.16$; $p < .02$), embora o efeito de acordo com a fórmula d de Cohen tenha sido pequeno: $d = 0,27$. Concluímos que esse estudo confirmou que a intervenção criada para promover nas crianças surdas o desenvolvimento

de conceitos básicos aprendidos informalmente antes da escola tem efeitos positivos sobre a aprendizagem de matemática. Esse efeito positivo se manifesta em uma prova de matemática que se destina a avaliar a aprendizagem do currículo de matemática e não apenas a compreensão dos conceitos ensinados durante a intervenção.

2 Discussão e conclusões

Em estudos com crianças ouvintes, Nunes *et al.* (2007) identificaram três conceitos – a composição aditiva de números, a relação inversa entre adição e subtração, e o raciocínio multiplicativo elementar – e mostraram que a minoria das crianças que ingressa no ensino fundamental sem ter compreensão desses conceitos atinge níveis baixos em provas padronizadas de matemática administradas no final do segundo ano. Quando as crianças surdas ingressam na escola fundamental, muitas ainda não desenvolveram esses conceitos básicos (ver Nunes *et al.* 2008, 2009 *a e b*) e, portanto, estão em risco de encontrar dificuldades na aprendizagem de matemática. Esses conceitos, embora cruciais para a aprendizagem de matemática, não são ensinados na escola, e são geralmente aprendidos de modo informal antes que a criança inicie as aprendizagens formais na escola.

Estudos anteriores (Nunes *et al.*, 2008; 2009) sugerem que as crianças surdas não tem dificuldades inerentes com esses conceitos pois são capazes de mostrar avanços significativos em sua compreensão quando têm a oportunidade de participar de programas especificamente criados para elas. O presente estudo mostrou que, quando se oferece às crianças essa oportunidade na escola, os resultados positivos podem ser estendidos a seu rendimento em matemática. Como esses conceitos não estão incluídos entre os objetivos do currículo de matemática nas séries iniciais, é perfeitamente concebível que muitas crianças continuem tendo dificuldades com esses conceitos e, portanto, continuam sem a necessária base cognitiva para a compreensão de diversos aspectos do currículo de matemática. Exemplificamos, a seguir, objetivos curriculares que se apóiam nesses conceitos.

A aprendizagem da escrita numérica depende tanto da compreensão da composição aditiva como do raciocínio multiplicativo. A fim de compreender, por exemplo, que o número 242 representa $200 + 40 + 2$, os alunos precisam compreender que um número pode ser formado pela soma de outros, ou seja, precisa compreender a composição aditiva de números. Além disso, para compreender que o valor do 2 na posição inicial, à esquerda, não é o mesmo que tem na posição final, à direita, a criança precisa compreender a correspondência um-a-muitos: na posição final, o 2 está em correspondência um-a-um com os elementos que representa, mas na posição inicial no número 242, o 2 está em correspondência com centenas.

Outro exemplo de objetivo curricular que envolve esses conceitos é a subtração com reserva, cuja compreensão depende de entendermos a relação inversa entre adição e subtração. Quando subtraímos 29 de 164 e fazemos o empréstimo de uma dezena, transformando 164 em $150 + 14$, compreendemos que o valor do minuendo não se altera porque entendemos a relação inversa entre adição e subtração: a subtração de

10 da representação das dezenas é anulada pela soma de 10 às unidades e, portanto, o valor do minuendo não se altera.

As atividades usadas nesse estudo foram cuidadosamente desenvolvidas e sua eficácia foi avaliada em estudos anteriores, usando-se ensino individual e distribuição randômica dos alunos aos grupos de intervenção e controle. Esse plano, considerado o padrão cientificamente mais rigoroso na avaliação de intervenções, mostrou a eficácia de atividades criadas especialmente para alunos surdos, que incluem apoio visual durante a resolução de problemas e apresentação simultânea das informações relevantes. Porém, o ensino individual feito por pesquisadores não oferece um modelo que possa ser generalizado para as escolas. É preciso que as atividades sejam também avaliadas dentro de um modelo ecologicamente válido, em que os professores, como profissionais competentes, participam de um treinamento e assumem a responsabilidade pela implementação do programa em sala de aula. Somente após esse teste podemos ter confiança de que o programa que criamos pode, de fato, ter um impacto na educação da criança surda.

Os dois estudos relatados nesse trabalho nos levam à conclusão de que é possível implementar em sala de aula atividades que auxiliem os alunos surdos na construção de conceitos básicos para a aprendizagem de matemática e, através dessas aprendizagens, levar a uma melhora no desempenho dos alunos em matemática. A aprendizagem de matemática dos alunos que participaram da intervenção mostrou uma aceleração, quando contrastada com a aprendizagem de um grupo de comparação. A replicação dos efeitos com dois grupos distintos reforça ainda mais a conclusão de que é possível apoiar o desenvolvimento desses conceitos na escola e promover melhoras na aprendizagem de matemática entre as crianças surdas. Um aspecto bastante importante de ambos os estudos é que o teste de matemática foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores independente e, portanto, não foi influenciado por nossa perspectiva.

Esse estudo tem implicações teóricas e pedagógicas. Teoricamente, o estudo sugere que a aprendizagem dos alunos surdos segue processos semelhantes à aprendizagem dos alunos ouvintes, pois replica com crianças surdas o benefício de se construir esses conceitos para a aprendizagem de matemática, que já havia sido observado com crianças ouvintes. Do ponto de vista pedagógico, o estudo oferece aos professores um material rico, e já avaliado, a partir do qual eles podem promover a melhora do rendimento de seus alunos em matemática.

Referências

- Barbosa, H. (2011). *From iconic counting to symbolic cardinality in young deaf Brazilian children using sign language*. Paper presented at the European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI).
- Braden, J. (1994). *Deafness, Deprivation and IQ*. New York: Plenum Press.
- Bull, R.; Blatto-Vallee, G.; Fabich, M. (2006). Subitizing, Magnitude Representation, and Magnitude Retrieval in Deaf and Hearing Adults. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11, 289 – 302.

- Gottardis, L.; Nunes, T.; Lunt, I. (2011). A synthesis of research on deaf and hearing children's mathematical achievement. *Deafness and Education International*, in press.
- Kritzer, K. (2009). Barely Started and Already Left Behind: A Descriptive Analysis of the Mathematics Ability Demonstrated by Young Deaf Children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14(4), 409-421.
- Miller, K.; Stigler, J. (1987). Counting in Chinese: cultural variation in a basic skill. *Cognitive Development*, 2, 279-305.
- Nunes, T.; Bryant, P. (1996). *Children Doing Mathematics*. Oxford: Blackwell.
- Nunes, T.; Bryant, P.; Burman, D.; Bell, D.; Evans, D.; Hallett, D. (2009a). Deaf Children's Informal Knowledge of Multiplicative Reasoning. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 14, 260-277.
- Nunes, T.; Bryant, P.; Burman, D., Bell, D., Evans, D., Hallett, D.; Montgomery, L. (2008). Deaf Children's Understanding of Inverse Relations. In M. Marschark & P. C. Hauser (Eds.), *Cognitive Underpinnings of Learning by Deaf and Hard-of-Hearing Students*. Oxford: Oxford University Press, pp. 201-225.
- Nunes, T.; Bryant, P.; Evans, D.; Bell, D.; Hallett, D. (2009). *Developing deaf children's understanding of additive composition*. Paper presented at the AERA, San Diego, 13-17
- Nunes, T.; Bryant, P.; Evans, D.; Bell, D.; Gardner, S.; Gardner, A.; Carraher, J. (2007). The Contribution of Logical Reasoning to the Learning of Mathematics in Primary School. *British Journal of Developmental Psychology*, 25, 147-166.
- Saxe, G.; Guberman, S.; Gearhart, M. (1987). Social and developmental processes in children's understanding of number. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 52, 100-200.
- Traxler, C. (2000). The Stanford Achievement Test, 9th Edition: National norming and performance standards for deaf and hard-of-hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5, 337-348.
- Zarfaty, Y.; Nunes, T.; Bryant, P. (2004). The performance of young deaf children in spatial and temporal number tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9, 315-326.