MathSpeak

Il primo protocollo di MathSpeak in lingua italiana

a cura di

Michele Mele

MaddMaths!
MAtematica Divulgazione Didattica

MathSpeak for Italy

Il primo protocollo di

MathSpeak in lingua italiana

A cura di

Michele Mele

MaddMaths!
MAtematica Divulgazione Didattica

Illustrazione di copertina e progetto grafico: MaddMaths!

http://maddmaths.simai.eu/

MathSpeak for Italy

Prima edizione digitale: ottobre 2024

This book was produced using Google Docs

MathSpeak for Italy

Il primo protocollo di MathSpeak in lingua italiana

Michele Mele

Dipartimento di Ingegneria

Università degli Studi del Sannio

Benevento

L'ambiguità nella presentazione orale delle formule matematiche è un ostacolo sottovalutato che impedisce alle persone con patologie della vista di avvicinarsi alle discipline scientifiche, particolarmente nelle prime fasi della loro istruzione. È per questo che, negli anni Settanta, il matematico non vedente Abraham Nemeth ha progettato MathSpeak, un sistema di semplici regole per presentare la matematica oralmente senza dubbi sulla sua interpretazione. Nonostante la sua comprovata efficacia, la sua diffusione finora si limita al momento ai soli paesi di lingua inglese. Per iniziare a porre rimedio a questa situazione, viene presentato qui di seguito il primo protocollo di MathSpeak in lingua italiana, affinché l'impiego di questo valido e versatile strumento di inclusione possa diventare la norma anche nel nostro paese.

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, circa il 3% della popolazione mondiale è affetta da patologie della vista: circa un quarto di questo gruppo di minoranza è costituito da non vedenti, i restanti tre quarti da ipovedenti ([1]). Nonostante il progresso tecnologico degli ultimi decenni, il livello di integrazione delle persone con patologie della vista è ancora insufficiente, come evidente dalle allarmanti percentuali di disoccupazione in molti paesi ([2], [3], [4]). L'Italia è la seconda nazione europea per tasso di disoccupazione dei non vedenti: nel nostro paese circa il 75% delle persone con gravi patologie della vista non ha accesso al mondo del lavoro ([5]).

La scuola riveste un ruolo di primo piano nell'abbattimento delle barriere materiali e ideologiche che ancora rallentano i necessari processi d'inclusione. Sia per preconcetti legati alla disabilità visiva che per pregiudizi su di esse, le materie scientifiche sono ancora troppo spesso considerate inaccessibili a ipovedenti e non vedenti. Per quanto ancora in fase di maturazione, le nuove soluzioni tecnologiche possono certamente contribuire al superamento di questo annoso ostacolo, ma vi è un avversario invisibile che ancora contribuisce a scoraggiare gli studenti con patologie della vista, particolarmente durante i primi anni della scuola dell'obbligo. Si tratta del subdolo e sottovalutato tranello che si nasconde nella presentazione orale delle formule matematiche che può risultare ambigua.

Essendo per loro sovente impossibile leggere alla lavagna o su di un canonico libro di testo, gli studenti ipovedenti o non vedenti sono quasi sempre costretti a dipendere da come il docente descrive simboli, formule ed espressioni ad alta voce. Un'errata modalità di presentazione può facilmente causare confusione, allontanando lo studente con patologie della vista dalla matematica e dalle discipline a essa collegate (fisica, informatica, economia, etc.), strumenti essenziali per comprendere il funzionamento dell'universo, della società e della democrazia, ma anche possibili ambiti in cui intraprendere una carriera al termine degli studi. Il modo in cui il docente descrive gli oggetti matematici può dunque avere un profondo impatto a lungo termine sul livello culturale, sulla partecipazione alla vita pubblica e sull'occupabilità degli studenti e dei futuri cittadini non vedenti o ipovedenti. Superare questa barriera vuol dire creare una società più giusta, dove i talenti dei giovani possono fiorire a dispetto di una disabilità, contribuendo al benessere dell'intera comunità.

Per comprendere quanto il problema della presentazione orale ambigua della matematica, noto anche con l'espressione "ambiguità della matematica parlata", possa nascondersi anche in corrispondenza di formule estremamente semplici, saranno di seguito presentati alcuni notevoli esempi. Nel descrivere una frazione si fa spesso uso della preposizione "su", per esempio si tende a leggere la formula $\frac{a}{b}$ come "a su b". Ciò può generare ambiguità, si pensi alla semplice espressione $\frac{a+b}{c}$. In genere, si tende a leggere quest'ultima come "a più b fratto c" o, più comunemente, "a più b su c". Udendo questa descrizione, uno studente ipovedente o non vedente, impossibilitato a leggere ciò che compare alla lavagna o su di un libro di testo, potrebbe facilmente pensare che l'espressione indicata sia in realtà la somma di due quantità, rispettivamente a e $\frac{b}{c}$; potrebbe dunque confondere le espressioni $\frac{a+b}{c}$ e $a + \frac{b}{c}$. Una situazione simile si verifica con l'espressione $\sqrt{a + b}$, letta generalmente "radice quadrata di a più b". Ascoltando questa presentazione orale della formula, lo studente con patologie della vista potrebbe fraintendere, immaginando la formula $\sqrt{a} + b$, dunque scambiando la radice quadrata di una somma con la somma di due addendi, uno dei quali è la radice quadrata di un valore e l'altro un'altra quantità, posta però al di fuori del segno di radice.

Va inoltre puntualizzato che alcuni termini e locuzioni di uso comune possono generare confusione nello studente abituato alla codifica in Braille. La stessa parola "su" può essere un pericoloso trabocchetto, dato che il numeratore ed il denominatore di una frazione non vengono posti l'uno sopra l'altro in Braille, ma sullo stesso rigo, separati da un apposito simbolo. Anche la locuzione "moltiplicazione in croce", impiegata per spiegare il metodo di Cramer per i sistemi di due equazioni lineari in due incognite, può risultare ambigua, poiché in Braille le matrici non si codificano in forma di tabella.

Appare ora evidente che, dopo essere più volte inciampato in una presentazione orale ambigua di una formula, uno studente ipovedente o non vedente possa, specialmente nei primi anni della scuola dell'obbligo, scoraggiarsi, allontanarsi dalla matematica e considerarla al di fuori della propria portata, alimentando così l'odioso stereotipo e rinunciando, già dall'infanzia, a uno strumento fondamentale per la propria formazione umana e professionale.

Il primo ad affrontare questo tema fu il matematico americano Abraham Nemeth (1918-2013), completamente non vedente dalla nascita, il quale trovò una soluzione semplice da applicare ed estremamente efficace. Grazie al suo meticoloso lavoro, durante gli anni '70 del XX secolo, nacque MathSpeak, una serie di regole per presentare la matematica a voce senza incorrere in ambiguità, da applicarsi nelle scuole di ogni ordine e grado. MathSpeak contiene dunque chiare indicazioni su come descrivere oralmente i simboli, le formule e le espressioni matematiche senza rischiare di trarre in inganno gli studenti con patologie della vista, consentendo loro pieno accesso agli argomenti trattati ed eliminando sul nascere il primo vero ostacolo materiale che un bambino ipovedente o non vedente si trova ad affrontare durante il proprio percorso scolastico ([6]).

Studi scientifici hanno mostrato l'estrema efficacia di MathSpeak e la sorprendente facilità con cui un docente può acquisire familiarità con le regole progettate da Nemeth. È stato dimostrato che, dopo soltanto poche ore di formazione, un docente può conseguire una padronanza di MathSpeak tale da eliminare il rischio di una presentazione ambigua della matematica durante le proprie lezioni. I risultati sono stati talmente incoraggianti che, negli ultimi decenni, MathSpeak è stato inserito all'interno dei corsi di formazione per i nuovi insegnanti in molti paesi di lingua inglese e perfino inserito nelle routine per la lettura delle formule da parte di alcune tecnologie assistive ([7], [8, [9]]).

Tuttavia, nonostante si palesi a ogni studente con patologie della vista, il problema dell'ambiguità della matematica parlata è ancora largamente sottovalutato nel resto del mondo e MathSpeak è quasi completamente sconosciuto al di fuori delle nazioni di lingua inglese. Per questo motivo, qui di seguito si presenta il primo protocollo di MathSpeak in lingua italiana. A partire dalla prima versione, presentata da Abraham Nemeth più di cinquant'anni fa, si è proceduto alla traduzione e all'adattamento di ogni sua regola e sono state inoltre aggiunte alcune integrazioni per adeguare il protocollo alle attuali necessità. La speranza è quella che MathSpeak venga inserito all'interno dei corsi di formazione per i futuri docenti e dei corsi di aggiornamento per chi già insegna, di modo da migliorare sensibilmente la qualità dell'insegnamento della matematica anche nelle scuole italiane.

I - Lettere

Le lettere minuscole andranno indicate con il loro nome corrente; nel caso delle lettere maiuscole si pospone una parola tra "maiuscola" o "grande" alla lettera. Ad esempio, X si leggerà "x maiuscola" o "x grande".

Le lettere non vanno mai lette formando parole, ma sempre pronunciate singolarmente. Per esempio, il monomio xyz non verrà letto come la parola "xyz" ma come "x y z", una lettera alla volta. Lo stesso si applica anche nel caso di funzioni la cui notazione è costituita da successioni di lettere, come il logaritmo e le funzioni goniometriche. Per esempio, l'espressione $sinx$ non verrà letta "seno di x" ma "s i n x". Per quanto controintuitiva, quest'ultima misura è necessaria per evitare alcuni rari casi di omofonia e perché, non va mai dimenticato, lo scopo del codice è quello di fornire un'informazione sintattica, non semantica, in modo preciso e privo di ambiguità.

Le lettere dell'alfabeto greco saranno pronunciate in uno dei due seguenti modi: con il loro nome greco ("alfa", "epsilon", etc.) oppure, quando possibile, con il loro eventuale equivalente italiano seguito dalla parola "greca/o". La lettera α potrà quindi essere letta come "alfa" oppure come "a greca”. Nel caso di una lettera greca maiuscola basterà posporre, come sopra illustrato, la parola “maiuscola” o “grande”. Per esempio, la lettera Δ si potrà leggere come “delta grande” o come “d greca grande” senza incorrere in ambiguità. Lo stesso metodo si applicherà per le lettere di altri alfabeti.

Quando le lettere non saranno in stampatello, andrà specificato lo stile della scrittura; basterà posporre un termine come “corsivo” o grassetto” alla descrizione di ogni lettera.

II – Cifre, numeri e segni di interpunzione

Le cifre andranno pronunciate singolarmente. Ad esempio, il numero 23 verrà letto non come “ventitré”, ma come “due tre”, almeno nelle prime fasi di memorizzazione da parte del discente. I segni di interpunzione andranno chiamati con il loro nome corrente (virgola, due punti, esclamativo, etc. Fa eccezione solo il punto, il quale andrà chiamato “periodo”.).

III - Insiemistica, operatori e operazioni

Le parentesi andranno indicate, in modo del tutto intuitivo, come segue. Si indicherà la parentesi tonda aperta con “apri tonda”, la parentesi quadra aperta con “apri quadra”, la parentesi graffa aperta con “apri graffa”, la parentesi angolare aperta con “apri angolare” e le rispettive speculari sostituendo la parola “apri” con “chiudi”. Per i simboli di parte intera inferiore o superiore si procederà esattamente come per le parentesi.

Allo stesso modo si procede per i coefficienti binomiali. Si leggerà “apri binomiale“ e “chiudi binomiale“ per i simboli corrispondenti al coefficiente binomiale, i due elementi verranno presentati semplicemente anteponendo il termine “elemento“. Ad esempio

$$\binom{n}{m}$$

si leggerà “apri binomiale elemento enne elemento emme chiudi binomiale“

Si leggerà “più” per il segno di addizione, “meno” per il segno di sottrazione, “due punti” per il segno di divisione”. Un caso speciale riguarda la moltiplicazione, esprimibile con il puntino e con la crocetta. Le due notazioni saranno descritte come “punto” e “croce” rispettivamente”. Per esempio, l’espressione $(x + y) - z$ verrà letta “apri tonda x più y chiudi tonda meno z”, mentre l’espressione $A\, x\, B$ verrà letta “a grande croce b grande”. I simboli delle operazioni inseriti in un cerchio saranno presentati con il nome sopra indicato seguito da “cerchiato” o “cerchiata”.

I simboli = e ≠ saranno letti “uguale” e “non uguale”, mentre ≡ e ≃ verranno letti “congruente” e “circa uguale”. Il simbolo sarà letto “sottoinsieme”, il simbolo ⊃ sarà letto “contiene”; i rispettivi simboli con il segno di uguaglianza saranno letti “sottoinsieme con uguale” e “contiene con uguale”. Il simbolo ∪sarà letto “unione, il simbolo ∩sarà letto “intersezione”. Le rispettive versioni grandi di questi ultimi due simboli verranno letti “unione grande” e “intersezione grande”. Si leggerà “in” per ∈ e “non in” per ∉ . I simboli ∨ e ∧ saranno letti “or” e “and”. Il simbolo dell’insieme vuoto sarà letto semplicemente “vuoto”. Simboli come / e% saranno presentati con il loro nome corrente, “slash”, “per cento”, e così via. Il segno di sottrazione insiemistica sarà letto “backslash”, mentre I e II saranno letti “barra” e “doppia barra”.

I simboli $<$, $>$, $\leq$ e $\geq$ saranno rispettivamente letti “minore”, “maggiore”, “minore o uguale” e “maggiore o uguale”. I simboli $\succ$, $\succcurlyeq$, $\prec$ e $\preccurlyeq$ saranno letti rispettivamente “succede”, “succede o uguale”, “precede” e “precede o uguale”; mentre $\vdash$ e $\vDash$ saranno letti rispettivamente “comporta” e “modella”.

I simboli $\forall$, $\exists$, $\exists!$ e $\nexists$saranno letti rispettivamente “per ogni”, “esiste”, “esiste esclamativo” e “non esiste”. Si leggerà inoltre “freccia a destra”, “freccia a sinistra”, “doppia freccia a destra” e “doppia freccia a sinistra” per $\rightarrow$, $\leftarrow$, $\Rightarrow$ e $\Leftarrow$ rispettivamente.

IV – Frazioni e radicali

La maggior parte dei casi di ambiguità nasce dalla mancata segnalazione dell’inizio e della fine di un costrutto come una frazione o una radice. Ogni qual volta si presenti una frazione, anche la più semplice, questa verrà introdotta con “inizio frazione” e la sua lettura si concluderà con “fine frazione”. Il numeratore ed il denominatore andranno indicati separatamente, dividendoli con una tra le parole “fratto” o “su”, ora prive di ogni ambiguità grazie alla segnalazione dell’inizio e della fine della frazione, una precisazione che fuga ogni possibile dubbio sulla lunghezza di numeratore e denominatore.

Nel caso di frazioni complesse (frazioni di frazioni) la procedura verrà iterata, segnalando l’inizio e la fine di ogni linea di frazione. Ad esempio, l’espressione $\frac{x+y}{z}$ sarà letta “inizio frazione x più y fratto z fine frazione”, mentre l’espressione $\frac{\frac{x+y}{z}-1}{w}$ verrà letta “inizio frazione inizio frazione x più y fratto z fine frazione meno uno fratto w fine frazione”.

Anche in presenza di una radice si procederà ad indicare l’inizio e la fine del costrutto con le espressioni “inizio radice” e “fine radice”, premurandosi di indicarli anche in caso di radici innestate. Ad esempio, l’espressione $\sqrt{x}+ y$ si leggerà “inizio radice x fine radice più y”, mentre l’espressione $\sqrt{\sqrt{x + y} - z}$ sarà letta “inizio radice inizio radice x più y fine radice meno z fine radice”. Nel caso di radici di ordine superiore, si useranno le locuzioni “radice cubica”, “radice quarta”, “radice ennesima”.

V - Esponenti, pedici e apici

Un’altra frequente fonte di ambiguità è la presenza di pedici e apici. Per comunicare la presenza di un apice (rispettivamente pedice) si userà il termine “apice” (“pedice”). Per indicare la fine dell’espressione che compare come apice o pedice basterà pronunciare la parola “rigo”. Ciò varrà anche in caso di esponenti; pertanto, l’espressione x^2 non si leggerà “x al quadrato” o “x alla seconda”, ma “x apice due”, mentre l’espressione $log_4 a$ sarà letta “logaritmo pedice quattro rigo a”.

Nel caso di espressioni con apici multipli (pedici multipli) si procederà come descritto in precedenza, avendo però la premura di precisare la fine di ogni apice o pedice. Ciò sarà fatto indicando con “rigo 0” il ritorno al rigo principale dell’espressione, con “rigo 1” quello al primo ordine di apici, con “rigo 2” quello al secondo ordine di apici e così via; ovviamente si useranno locuzioni come “rigo -1” e “rigo -2” nel caso di pedici. Ad esempio, $x^{y^{3}-1} + z$ sarà letto “x apice y apice tre rigo uno meno uno rigo zero più z”.

Nel caso in cui come apice compaia un apostrofo o il segno dei gradi, si leggerà “x apice primo”, “x apice secondo” e “x apice gradi”.

VI - Funzioni ed altri simboli

Come accade per le radici, anche le espressioni sopralineate e sottolineate devono essere accuratamente descritte. Si dirà “inizio sopralineato” e “fine sopralineato” (rispettivamente “inizio sottolineato” e “fine sottolineato”), come ad esempio per $\overline{x + y} + z$ espressione che verrà letta “inizio sopralineato x più y fine sopralineato più z”.

In modo del tutto intuitivo, il simbolo ∞ sarà semplicemente letto “infinito”. Le notazioni newtoniane $\dot{x}$ e $\ddot{x}$ saranno lette rispettivamente come “x sopra punto” ed “x sopra due punti”; similmente $\tilde{x}$ si leggerà “x sopra tilde”. Per i vettori, l’espressione

$$\overrightarrow{x}$$

si leggerà “inizio soprallineato vettore x fine soprallineato vettore”.

Simboli come quelli di limite e integrale saranno chiamati con il loro nome. Per esempio, $\int_{a}^{b} f(x)dx$ sarà letto “integrale pedice a rigo apice b rigo f apri tonda x chiudi tonda d x” e $\lim_{x \to 0} f(x)$ si leggerà “limite pedice x freccia destra 0 rigo f apri tonda x chiudi tonda”. Il simbolo ∇ comunemente adottato per indicare rotore, divergenza e gradiente potrà essere letto “nabla” o “atled”. La composizione di due funzioni

$$f \circ g$$

si leggerà “compone f con g”.

Le regole sopra esplicitate varranno anche per le sommatorie e le produttorie: $\sum_{i=1}^{n} x_{i}$ si leggerà “Sigma grande pedice i uguale uno rigo apice n rigo x pedice i”. Si procederà identicamente per espressioni come

$$\cup_{j \in J} P_j$$

la quale andrà letta “Unione grande pedice j in J grande rigo P grande pedice j”.

VII - Matrici

Le matrici andranno descritte riga per riga; l’inizio di una matrice e la sua fine saranno esplicitati con le locuzioni “inizio matrice” e “fine matrice” rispettivamente. Quando il contesto lo richiede, è bene anche specificare il numero di righe e di colonne; ma andranno sempre indicati l’inizio e la fine di ogni riga con le parole “inizio riga 1”, “inizio riga 2”, e così via. Va sottolineato che è inutile segnalare esplicitamente la fine di una riga, poiché l’inizio della successiva ne segna inevitabilmente la fine. Per evitare il rischio di confusione (vedi I e II), ogni elemento dovrà essere preceduto dalla parola “elemento” nella lettura della matrice.

Seguendo queste regole, la matrice

$$M = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \end{pmatrix}$$

andrà letta “inizio matrice m maiuscola uguale due righe per tre colonne inizio riga 1 elemento a elemento b elemento c inizio riga 2 elemento d elemento e elemento f fine matrice”.

Queste indicazioni sono state modellate per aderire alle specifiche del Codice di Nemeth, un sistema di trascrizione dell’alta matematica in Braille, progettato da Abraham Nemeth durante i propri anni universitari e pubblicato per la prima volta nel 1952 ([10]). Questa corrispondenza, non solo relativa alla lettura delle matrici, tra MathSpeak ed il Codice di Nemeth permette non solo una presentazione non ambigua, ma anche una più facile comprensione delle espressioni da parte dello studente che scrive e legge in Braille.

Lista simboli

Simboli	Lettura da protocollo
.	periodo
,	virgola
:	due punti
;	punto e virgola
?	interrogativo
!	esclamativo
(	apri tonda
)	chiudi tonda
[	apri quadra
]	chiudi quadra
{	apri graffa

}	chiudi graffa
〈	apri angolare
〉	chiudi angolare
+	più
-	meno
.	punto
X	croce
±	più o meno
⊕	più cerchiato
⊖	meno cerchiato
⊙	punto cerchiato
⊗	croce cerchiata
=	uguale
≠	non uguale
≡	congruente
≌	circa uguale
⊂	sottoinsieme di
⌈	parte intera superiore aperta
⌉	parte intera superiore chiusa
⌊	parte intera inferiore aperta
⌋	parte intera inferiore chiusa
⊃	contiene
⊆	sottoinsieme con uguale di

⊇	contiene con uguale
∪	unione
∩	intersezione
/	slash
\	backslash
∈	in
∉	non in
Ø	vuoto
Λ	or
V	and
%	per cento
‰	per mille
|	barra
||	doppia barra
<	minore
>	maggiore
≤	minore o uguale
≥	maggiore o uguale
≻	succede
≽	succede o uguale
≺	precede
≼	precede o uguale
⊢	comporta

$\vDash$	modella
$\forall$	per ogni
$\exists$	esiste
$\exists!$	esiste esclamativo
$\nexists$	non esiste
$\surd$	radice
$\rightarrow$	freccia a destra
$\leftarrow$	freccia a sinistra
$\Rightarrow$	doppia freccia a destra
$\Leftarrow$	doppia freccia a sinistra
$\mapsto$	associa
°	gradi
ʻ	primo
“	secondo
∞	infinito
lim	limite
$\int$	integrale
$\iint$	integrale doppio
$\iiint$	integrale triplo
$\oint$	integrale di linea
$\oiint$	integrale di superficie
∇	nabla/atled

Le regole sopra presentate permettono di esplicitare contenuti matematici in forma orale senza ambiguità, coprendo la quasi totalità delle formule reperibili sui libri di testo, dalle scuole elementari ai manuali universitari. Data la vastità della disciplina e l'ampia gamma di simboli che adotta, la lista sopra introdotta potrà essere aggiornata con l'aggiunta di ulteriori indicazioni.

Il compito di MathSpeak è quello di presentare un'informazione visiva in modo non ambiguo. È questa la motivazione di alcune regole che potrebbero sembrare a un primo sguardo poco pratiche o persino controintuitive. Si comprenderà tuttavia che, per essere davvero efficace, il protocollo deve dare più spazio al significante che al significato; d'altra parte, anche uno studente vedente registra le formule come simboli prima di interpretarne il significato.

Con l'affinamento e la pratica, il docente potrà certamente trovare, di comune accordo con il discente, abbreviazioni o soluzioni personalizzate per aggirare alcune espressioni dall'alta verbosità (vedi II). Va tuttavia ricordato che queste alternative non possono sostituire permanentemente le regole del protocollo standard, il quale dovrà essere sempre tenuto come punto di riferimento e pertanto mai modificato stabilmente da scelte arbitrarie dettate dalle preferenze o dalle esigenze di un singolo. Il protocollo proposto da Nemeth e qui tradotto ed aggiornato è stato già estensivamente testato con ottimi risultati; è pertanto estremamente sconsigliato qualunque discostamento dai suoi dettami, al fine di non inficiare la sua comprovata efficacia.

Riferimenti bibliografici

[1] World Health Organization, “Blindness and Visual Impairment – Report”, WHO, 2016

[2] M. C. McDonnall, Z. Sui, “Employment and unemployment rates of people who are blind or visually impaired: estimates from multiple sources 1994-2017”, Journal of Vision Impairment and Blindness, Vol. 113 n. 6, pp. 481-492, 2019

[3] E. Munemo, T. Tom, “Problems of unemployment faced by visually impaired people”, Greener Journal of Social Sciences, Vol. 3 n. 4, pp. 203-219, 2013

[4] E. C. Bell, N. M. Mino, “Employment outcomes for blind and visually impaired adults”, Journal of Blindness Innovation and Research, Vol. 5 n. 2, pp. 38-49, 2015

[5] European Blind Union, “Facts and Figures”, EBU, 2021

[6] A. Nemeth, "MathSpeak: a talk on verbalizing math by Dr. Abraham Nemeth, creator of the Nemeth math Braille code", online, c. 1970

[7] M.D. Isaacson, L.L. Lloyd, D. Schleppenbach, "Increasing STEM accessibility in students with print disabilities through MathSpeak", **Journal of Science Education for Students with Disabilities**, Vol. 14 n. 1, pp. 25-32, 2010

[8] M.D. Isaacson; S. Srinivasa; L.L. Lloyd, "Ambiguity and inconsistencies in mathematics spoken in the classroom: the need for teacher training and rules for communication of mathematics", **Journal of Science Education for Students with Disabilities**, Vol. 15 N.1, pp. 40-45, 2012

[9] M.D. Isaacson, S. Srinivasan, L.L. Lloyd, "Development of an algorithm for improving quality and information processing capacity of MathSpeak synthetic speech renderings", **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, Vol. 5 n. 2, pp. 89-93, 2010

[10] A. Nemeth, “The Nemeth Code of Braille Mathematics”, II ed., American Printing House for the Blind, 1956


RESEARCH PAPERS