

*La musica, il numero, il ritmo e la struttura:
considerazioni sperimentali per
l'insegnamento/apprendimento nella scuola
elementare.*

Francesca Ragusa

Perché la musica e la matematica?

*La musica e la matematica hanno sempre una certa
parentela l'una e l'altra richiedono un certo
apprendistato, molto talento e un tocco di grazia.*

(Frederick Pratter)

INDICE

- INTRODUZIONE
 - Capitolo primo
(RITMO, MUSICA, LINGUA NATURALE, MATEMATICA)
 - 1.1 Musica e matematica
 - 1.2 È nata prima la musica o la matematica?
 - 1.3 Musica, Matematica e Pitagora
 - 1.4 La Matematica, la Musica, il Ritmo di Olivier Messiaen
 - 1.5 Ritmo, musica, lingua naturale, matematica per l'apprendimento scolastico
 - 1.6 Il concetto di struttura
 - 1.7 Il concetto di ritmo
 - 1.8 Rapporto tra struttura e ritmo
 - 1.9 L'educazione strutturo-ritmica
 - 1.10 Strutture logico-matematiche
 - 1.11 L'educazione strutturo-ritmica e l'apprendimento della lingua
 - Capitolo secondo
(LA SPERIMENTAZIONE)
 - Premessa
 - 2.1 Ipotesi sperimentale
 - 2.2 Campione di ricerca
 - 2.3 La metodologia
 - 2.4 Analisi a priori
 - Capitolo terzo
(DATI SPERIMENTALI)
 - 3.1 Descrizione dei dati sperimentali
 - 3.1.1 Il grafico della similarità.
 - 3.1.2 Il grafico implicativo.
 - Capitolo quarto
(CONCLUSIONI)
 - 4.1 Riflessioni conclusive
- PROBLEMI APERTI
- BIBLIOGRAFIA
- SITOGRAFIA

INTRODUZIONE

Il mio lavoro ha preso avvio durante le attività di tirocinio, infatti, durante questo anno accademico tutto il training di tirocinio ha ruotato attorno a due parole chiave STRUTTURA e RITMO.

Nel gruppo tirocinio abbiamo cercato di definire il significato di queste due parole utilizzando l'apprendimento per scoperta.

In seguito alle conoscenze apprese durante le ore di tirocinio indiretto abbiamo avuto la possibilità di apprendere il significato di educazione strutturo – ritmica che poi l'abbiamo sperimentata mediante il tirocinio diretto. Questa esperienza mi ha coinvolta al massimo. Il tema "ritmo e struttura" mi ha interessata particolarmente, non avevo mai riflettuto su questo aspetto dell'apprendimento che coinvolge tutte le discipline in assoluto, qualsiasi azione, attività ha una struttura che come tale può divenire ritmo.

Nel corso dei quattro anni di università abbiamo tanto parlato di continuità tra il tirocinio e le materie di studio del corso di laurea; e quale possibilità più funzionale quella di utilizzare l'esperienza avuta durante il tirocinio per la tesi di laurea.

Per questo motivo ho pensato di approfondire l'argomento sotto un particolare aspetto che è quello logico – matematico.

Scopo della mia tesi è, infatti, quello di capire quali sono le correlazioni tra il ritmo e la matematica.

Da qui nasce l'idea di abbinare le due materie di studio (la didattica della musica e la didattica della matematica).

Il collegamento a prima vista può sembrare strano, ma dopo uno studio più approfondito ci si rende conto che i rapporti tra musica e matematica sono molto stretti, sia a livelli elementari che più complessi.

Un principio fondamentale che soprattutto a scuola bisogna tenere presente è la ricerca interdisciplinare, cioè bisogna sforzarsi di avere una visione unitaria, vicina al reale.

Un insegnamento moderno delle discipline non può assolutamente ignorare questi legami, in particolare tra la matematica e la realtà, se non si vuole ridurre questa ad uno sterile esercizio di abilità formali destinati ad un rapidissimo oblio al di fuori delle aule scolastiche.

Si tratta, dunque, di insegnare la matematica nelle più svariate

situazioni collegata ad altre discipline come la musica, per stimolare gli alunni a costruire essi stessi le variabili significative per la soluzione dei problemi.

In generale possiamo affermare che L'educazione strutturo-ritmica è uno strumento educativo di notevole interesse sia per migliorare l'assetto psicomotorio del bambino, che per orientare la strutturazione del suo pensiero.

La struttura è qualsiasi insieme, aggregato o sistema di elementi correlati secondo un certo ordine, disposizione, costruzione.

Possiamo definire il ritmo come qualsiasi organizzazione e strutturazione di fenomeni che avvengono in maniera successiva nel tempo e che si ripetono ciclicamente.

L'educazione strutturo – ritmica può essere applicata in forme notevolmente diverse, si possono orientare le proposte in ordine alle misure ed al ritmo musicali, alla danza alle dimensioni legate alle percezioni uditive, alle coordinazioni motorie; comunque il ritmo deve essere insegnato in maniera razionalizzata.

Le strutture e i ritmi costituiscono uno dei cardini educativi fondamentali per l'organizzazione del movimento, della percezione uditiva e visiva, dello scorrere ordinato dei pensieri.

Non esiste alcuna azione, concreta o pensata, che prescindano da un'organizzazione strutturale di entità successive.

Più specificatamente, riferendoci alle strutture logico-matematiche l'educazione strutturo-ritmica favorisce nel bambino l'apprendimento dei prerequisiti che sono alla base del concetto numerico.

In ogni proposta strutturo-ritmica ci sono inferenze di corrispondenza biunivoca, classificazione, ordinalità e cardinalità, in questo modo il bambino vive e sente concretamente ciò che fa, avendo maggiori possibilità di interiorizzazione.

Le attività ritmiche fatte durante le ore di educazione musicale diventano un prerequisito fondamentale per l'apprendimento della matematica.

Ho organizzato la mia ricerca in quattro capitoli:

- Nel primo capitolo ho cercato di spiegare quali sono i legami tra la musica e la matematica partendo dalle teorie enunciate da Pitagora nella quale afferma che “la musica e l'armonia musicale dell'universo coincidono con l'aritmetica e la

geometria, queste sono il reale (verità iniziatica)”.

Nel secondo paragrafo sono entrata nello specifico della mia ricerca dove ho approfondito il filo conduttore che collega tra di loro i diversi concetti di ritmo, musica, lingua naturale, matematica che hanno un'unica finalità che è l'apprendimento.

Tutto questo per capire il significato dell'educazione strutturo – ritmica e nello specifico l'educazione ritmica legata alle strutture logico – matematiche.

Nell'ultimo paragrafo faccio un collegamento anche all'apprendimento della lingua.

- Nel secondo capitolo dopo aver presentato l'ipotesi della mia ricerca, mi soffermo a descrivere la fase sperimentale, in particolare in questo capitolo approfondisco l'analisi a priori dei comportamenti ipotizzabili.
- Nel terzo capitolo opero la descrizione dei dati sperimentali tramite l'analisi implicativa delle variabili (mediante l'uso del software di statistica CHIC).
- Nel quarto ed ultimo capitolo tiro le conclusioni di tutta la mia ricerca sottolineando i problemi ancora aperti.

Capitolo primo

RITMO, MUSICA, LINGUA NATURALE, MATEMATICA

1.1 Musica e matematica

*Ci sono composizioni matematiche che
possono essere affrontate come partiture,
e dalle quali si può ricavare un godimento estetico
non dissimile da quello offerto dalla musica.
(Varèse)*

Da millenni è risaputo che tra musica e matematica esiste una forte affinità. Le filosofie pitagoriche e platoniche sono fiorite su

un intreccio stretto tra musica, matematica e astronomia.

I rapporti tra Musica e Matematica sono molto stretti, sia a livelli elementari che più complessi. Questi rapporti sono facilmente comprensibili anche per un profano, per esempio per le durate dei suoni (doppio o metà, quarto e così via).¹ La musica si ferma nella memoria per i suoi dati meccanici e fisici. Il ritmo è numero, è misura esatta del tempo.

La musica è il luogo d'incontro per eccellenza fra le arti e le scienze e in quest'incontro la matematica svolge un ruolo essenziale e centrale.

Pitagora nell'antichità fu famoso per aver assimilato nella sua scuola musica e matematica: entrambe erano **numerus**. Il fatto che con lo stesso «passo» si va da uno a due e poi da due a tre, sembra oggi non solo facile e chiaro, ma immediato e banale, anche per il bimbo della prima classe. Ma esso fu un risultato maturo e strabiliante. Il «principio di ricorrenza» che autorizza a trattare con quel metodo la serie infinita dei numeri, non è **evidente**, non è assiomatico, non è dimostrabile per logica deduzione, e quindi non si trova nelle categorie dello spirito, dove basta pescarlo. È un risultato raggiunto empiricamente dal collaborare di innumerevoli studiosi.

La musica rappresenta un sapere fondamentale, insostituibile e necessario nell'educazione e nella formazione culturale. Il cui processo cognitivo costituisce un'esperienza intellettuale ed estetica di grande importanza nello sviluppo della personalità umana. La fenomenologia musicale è particolarmente complessa e va studiata non solo con approcci di tipo estetico, critico o storico, ma anche di tipo scientifico.

Avvicinarsi in modo scientifico alla musica significa individuarne le caratteristiche intrinseche, universalmente classificabili e riproducibili. Pertanto, per una proposta formativa di educazione musicale, non si può che partire dal suono e dallo studio delle sue caratteristiche fisiche.

La musica può essere sottoposta ad un'analisi scientifica, essa può essere, infatti, correlata alla matematica, ciò non tanto per ribadire l'uso che della matematica si fa per la costruzione di schemi e regole nell'organizzazione della musica; ciò che

¹Ettore Carta sito web: www.riemann.unica.it

ordinariamente investe pochi e semplici principi di aritmetica elementare. Quanto invece per proporre quello dell'algebra e dell'analisi matematica moderne nello studio della fenomenologia musicale. In altri termini si può considerare la produzione musicale come un datum da analizzare mediante l'uso di metodologie e tecniche matematiche.

È molto frequente vedere avvicinate la matematica e la musica, anche, per il tipo di piacere che arrecano a chi le fa, e per le caratteristiche dell'impegno intellettuale che richiedono, ma andando al di là delle analogie più o meno emotive, quando si sviluppa un discorso più tecnico sui legami tra le due discipline (o arti) è naturale che l'accento cada sull'aspetto fisico-aritmetico della musica: su tutto il complesso gioco di rapporti di frequenze e di tempi che si descrive in termini matematici e che ha un legame stretto con la fisiologia dell'orecchio e verosimilmente anche con i processi cognitivi legati all'ascolto della musica.

Nel 1738 a Lipsia venne fondata una Società semisegreta da Lorenz Mizler, allievo di Bach, per le Scienze Musicali, con l'intento di mostrare i legami della matematica con la musica.

Mizler affermava che "la musica è il suono della matematica".

Diversi prestigiosi musicisti vennero invitati a diventare suoi membri e lo scopo era quello di riportare la musica alla sua origine pitagorica, al suo fundamentum scientifico, diremmo noi.

Il blasone di questa società era costituito da due forme geometriche: un cerchio, simbolo di perfezione e un triangolo, simbolo di Trinità.

Queste due forme erano circondate da api, simbolo del lavoro.

Lo Statuto prescriveva che i membri della Società lavorassero come le api allo scopo di riportare la musica alle sue origini matematiche. Abbiamo anche alcuni numeri annotati in questo cerchio: 1, 2, 3, 4, 5, 6, che conosciamo come il senario di Zarlino. Essi sono i primi suoni armonici. Se abbiamo una corda, divisa in 2 otterremo l'ottava. La divisione 3 a 2 ci dà la quinta, 4 a 3 ci dà la quarta, 5 a 4 la terza maggiore pura, 6 a 5 la terza minore, mentre falso per noi è il settimo tono armonico inutilizzabile. Senario simbolo dell'ordine matematico-musicale.

Dietro ad ogni melodia ci può essere una complessa impalcatura di rapporti precisi.

Continuando a parlare del legame tra la musica e la matematica possiamo citare il grande compositore e teorico musicale francese del settecento **Philippe Rameau** che scrisse nel suo *“Traité de l’Harmonie Reduite à ses principes Natureles”* (1722) “la musica è una scienze che deve avere delle regole certe: queste devono essere estratte da un principio evidente e questo principio non può essere conosciuto senza l’aiuto della Matematica. Devo ammettere che nonostante tutta l’esperienza che ho potuto acquisire nella musica per averla praticata durante un periodo abbastanza lungo, è tuttavia solo con l’aiuto della Matematica che le mie idee si sono sbrogliate e che la luce è succeduta ad una certa oscurità di cui non mi ero mai accorto prima.”

1.2 E' nata prima la musica o la matematica?

*Il discorso scientifico della musica ha
le sue radici in due diverse fonti:
quella antichissima della matematica
e delle scienze naturali...
(Mario Baroni)*

Iannis Xenakis² nel suo "Musica - Architettura" ha cercato di dare una risposta, stilando una tavola delle corrispondenze fra alcuni sviluppi della musica e della matematica partendo dal 500 a.C., quando in musica vengono messe in relazione le altezze e le lunghezze della corda. In questo periodo vengono inventate le scale incomplete e la musica dà un meraviglioso impulso alla teoria dei numeri e alla geometria; in matematica viene scoperta l'importanza fondamentale dei numeri naturali e vengono inventati i razionali positivi (le frazioni). Al 300 a.C. risalgono gli intervalli di altezza ascendenti, discendenti nulli nel linguaggio additivo introdotto da Aristosseno che inventa, sempre teoricamente, la gamma cromatica completa a temperamento equabile avente come modulo il dodicesimo di tono. Parallelamente continua il linguaggio moltiplicativo degli intervalli di altezza, tradotti da Euclide in lunghezza di corde. La

² IANNIS XENAKIS, *Musica – Architettura*, Milano, Spirali Edizioni, 1985

teoria musicale mette così in rilievo la scoperta dell'isomorfismo tra i logaritmi (intervalli musicali) e gli esponenziali (lunghezze di corda) più di 15 secoli prima della loro scoperta in matematica.

La teoria dei numeri viene trascurata rispetto alla teoria della musica e alla sua pratica e resterà assopita per oltre 15 secoli, a eccezione dei concetti di infinito e calcolo differenziale e integrale avviati da Archimede. Intorno all'anno 1000 viene inventata la rappresentazione spaziale bidimensionale delle altezze legate al tempo per mezzo delle superfici e dei punti (Guido d'Arezzo), che anticipano di tre secoli le coordinate di Oresme e di sette secoli (1635-37) la magnifica geometria analitica di Fermat e di Cartesio. Nello stesso anno 1000 non troviamo nessuna corrispondenza in matematica. Bisognerà aspettare il 1500, quando vengono adottati lo zero e i numeri negativi e la costruzione dell'insieme dei razionali, e il 1600 per l'insieme dei numeri reali e dei logaritmi. Nel 1700, a partire dalla pratica, viene riscoperta la scala cromatica ben temperata (J.S.Bach). La musica passa ora nel campo delle strutture di base. Per contro, le strutture tonali, la polifonia e l'invenzione di macroforme (fughe e sonate) sono in via di sviluppo e mettono in luce i semi che lentamente daranno vita a ulteriori sviluppi.

Nel 1900 in musica c'è la liberazione della tonalità e la prima accettazione della neutralità del tonale cromatico (Loquin, Hauer, Schönberg). In matematica troviamo i numeri infiniti e transfiniti (Cantor), l'assiomatica dei numeri naturali di Peano e la bella teoria della misura (Lebesgue, Borel, Heine).

Da questa riflessione ci si è resi conto che è difficile dare una risposta alla domanda iniziale: “è nata prima la musica o la matematica?” ma il processo di evoluzione è lungo e complesso di certo ognuna ha influenzato l'altra e questo dimostra lo stretto rapporto che esiste tra le due discipline.

1.3 Musica, Matematica e Pitagora

*Dunque la musica e l'armonia musicale dell'universo
coincidono con l'aritmetica e la e geometria
queste sono il reale (verità iniziatica).
(Pitagora)*

Pitagora è generalmente considerato come il fondatore della

prima scuola di Matematica come scienza puramente deduttiva, una scuola di cui siamo gli eredi. Oltre ad essere uno dei più importanti matematici, Pitagora era un compositore e un teorico musicale.

Fu proprio una intuizione musicale che permise a Pitagora di formulare quel legame fra matematica e natura che costituisce, probabilmente, la scoperta più profonda e feconda della storia dell'intero pensiero umano.

Secondo Giambico³, l'episodio è il seguente. Un giorno Pitagora passò di fronte all'officina di un fabbro, e si accorse che il suono dei martelli sulle incudini era a volte consonante, e a volte dissonante. Incuriosito, entrò nell'officina, si fece mostrare i martelli, e scoprì che quelli che risuonavano in consonanza avevano un preciso rapporto di peso. Ad esempio, se uno dei martelli pesava il doppio dell'altro, essi producevano suoni distanti un'ottava. Se invece uno dei martelli pesava una volta e mezza l'altro, essi producevano suoni distanti una quinta (l'intervallo fra il do e il sol).

Tornato a casa, Pitagora fece alcuni esperimenti con nervi di bue in tensione, per vedere se qualche regola analoga valesse per i suoni generati da strumenti a corda, quali la lira. Sorprendentemente, la regola era addirittura la stessa, ad esempio, se una delle corde aveva lunghezza doppia dell'altra, esse producevano suoni distanti un'ottava. Se invece una delle corde era lunga una volta e mezza l'altra, esse producevano suoni distanti una quinta.

In perfetto stile scientifico, dall'osservazione e dall'esperimento Pitagora dedusse una teoria: la coincidenza di musica, matematica e natura. Più precisamente, egli suppose che ci fossero tre tipi di musica: quella strumentale propriamente detta, quella umana suonata dall'organismo, e quella mondana suonata dal cosmo. La sostanziale coincidenza delle tre musiche era responsabile da un lato dell'effetto emotivo prodotto, per letterale risonanza, dalla melodia sull'uomo, e dall'altro della possibilità di dedurre le leggi matematiche dell'universo da quelle musicali.

Poiché nelle leggi dell'armonia scoperte da Pitagora

³ Giambico, Sito web. www.extramuseum.it

intervenivano soltanto numeri frazionari, detti anche numeri razionali, ed i rapporti armonici corrispondevano perfettamente a rapporti numerici, Pitagora enunciò la sua scoperta nella famosa massima: “tutto è (numero) razionale”. Essa codifica la fede nella intelligibilità matematica della natura, ed è il presupposto metafisico dell'intera impresa scientifica, di cui Pitagora è stato appunto il padre fondatore. Una scoperta tanto profonda non poteva che far ritenere Pitagora una vera e propria divinità.

A lui, quindi, dobbiamo la scoperta della meravigliosa corrispondenza fra gli intervalli musicali e i numeri, una relazione che ancora oggi è alla base della teoria generale dell'armonia musicale.

Il pitagorismo rimane ben vivo anche nella fisica moderna, e non solo come generica matematizzazione della natura. Anzitutto, se la fisica classica aveva riformulato il motto pitagorico come: “tutto è (numero) reale” o “tutto è (numero) immaginario”, la fisica atomica sembra essere ritornata alla versione originale, in cui sono proprio i numeri interi a determinare le caratteristiche della natura a livello microscopico, attraverso la quantizzazione di quantità che si supponevano continue, prima fra tutte l'energia. Inoltre, nel tentativo più recente di arrivare ad una teoria unitaria della natura, la cosiddetta teoria delle stringhe di Witten, le costituenti ultime della materia vengono non più pensate come punti (im)materiali, ma come pezzi di corda che vibrano in uno spazio pluridimensionale, ed i cui modi di vibrazione (o suoni) costituiscono le particelle elementari.

Anche la storia della musica, come già quella della fisica, ha recepito ed elaborato in maniera profonda il credo pitagorico. Già Pitagora stesso aveva scoperto che la sua teoria musicale aveva qualche problema: infatti, i rapporti numerici corrispondenti, rispettivamente, a un tono e due semitoni non coincidevano, e differivano di una quantità piccola ma percettibile all'orecchio, che fu chiamata comma pitagorico. La soluzione matematica del temperamento, che consiste nel dividere l'ottava in dodici semitoni uguali, fu trovata soltanto nel secolo XVIII, e richiese l'assegnazione di un valore irrazionale al semitono.

Non a caso la soluzione, che inizialmente generò resistenze

vivaci, fu popolarizzata dai 48 preludi e fughe del Clavicembalo ben temperato. Bach era, infatti, sensibilissimo alla struttura matematica della musica, e opere quali le Variazioni Goldberg, l'Offerta musicale e l'Arte della fuga utilizzano in maniera sistematica trasformazioni geometriche che invertono, ribaltano e dilatano temi musicali. Le stesse trasformazioni, basilari per tutta la polifonia, sono poi state formulate esplicitamente agli inizi del secolo come regole della dodecafonia.

In conclusione, rimane da notare che il pensiero pitagorico è oggi divenuto la base metafisica della cultura planetaria. La scienza e la tecnologia che, ci piaccia o no, hanno ormai superato tutti i confini geografici e pervaso l'intero globo, si basano, infatti, proprio su quella coincidenza fra natura e matematica che Pitagora ha per primo saputo intuire e perseguire.⁴

1.4 La Matematica, la Musica, il Ritmo di Olivier Messiaen

Olivier Messiaen è una delle figure più grandi della musica del novecento, autore di un numero considerevole di opere, ha sviluppato un linguaggio assai personale, basato sull'estensione a tutti gli aspetti della composizione musicale (suono, ritmo, intensità, timbro). Sin da giovane era affascinato da certe proprietà dei numeri che sarebbero state destinate a svolgere un ruolo importante nel suo linguaggio musicale. Anche se Messiaen non si è mai considerato un matematico, ugualmente ha attribuito ai numeri e a certe loro proprietà un posto prominente, sia nelle sue composizioni, sia nel suo insegnamento teorico. Le nozioni matematiche coinvolte nelle sue musiche sono nozioni di base: permutazioni, simmetrie, distribuzioni di numeri, numeri primi, periodicità.

Messiaen dichiara: “ero orientato verso questo tipo di ricerche, verso le divisioni simmetriche e verso le divisioni asimmetriche e verso un elemento che s'incontra nella metrica greca e nei ritmi dell'india: i numeri primi. Quando ero bambino, amavo già i

⁴ PIERGIORGIO ODIFREDDI, www.mat.uniroma3.it La Stampa, La matematica dell'armonia, giovedì 7 maggio 1998,

numeri primi, questi numeri che – solo per il fatto che non sono divisibili – emettono una forza occulta (perché, come si sa, la divinità è indivisibile) [...]. Il mio linguaggio ritmico è precisamente una mescolanza di tutti questi elementi: le durate distribuite in numeri irregolari, l'assenza di tempi uguali, l'amore dei numeri primi, la presenza di ritmi non retrogradabili e l'azione di figure ritmiche [...]. Tutto questo si evolve, è mescolato e sovrapposto”.⁵

Uno degli argomenti che sviluppa, Messiaen è che la musica, in particolare il ritmo, è in un certo senso una maniera di dare vita ai numeri, di rendere percettibili ai nostri sensi alcune nozioni matematiche che, di per se stesse, possono apparire puramente astratte, fredde. Di più, la musica trasforma queste nozioni in emozioni. A questo proposito possiamo citare Aristotele che nella sua *Metafisica* scrive: “i numeri non esistono in sé, esistono perché si trovano nelle scale musicali, nel cielo, e in molte altre cose connesse”.

Il concetto principale da dove si parte Messiaen per i suoi studi è quello di **Ritmo** definendolo come: “l'elemento principale e forse l'elemento essenziale della musica. Penso che esso verosimilmente esista da prima della melodia e dell'armonia. Insomma ho una preferenza per quest'elemento”.⁶

Per Messiaen “la melodia non può esistere senza il ritmo, la musica è fatta prima di tutto con durate, slanci, riposi, accenti, intensità, attacchi e timbri, tutte cose che si possono raggruppare sotto il termine: ritmo”.

Il ritmo non è una nozione estranea alla matematica, infatti, nozioni come durata, intensità e densità si esprimono tramite numeri. Il timbro, scomposto in frequenza fondamentale e frequenza armoniche, può essere espresso con una successione di numeri.

Il ritmo è visto come successione di numeri, i quali rappresentano durate, per definire ciò Messiaen descrive i ritmi dell'India e della Grecia antica, richiamando la curiosità del lettore sulle proprietà aritmetiche di questi ritmi.

Ritmi greci: le caratteristiche della musica greca antica sono:

⁵ C. Samuel, *Permanences d'Olivier Messiaen (Dialogues et commentaires)*, Actes sud, 1999, pp. 118.

⁶ *idem*

- Il ritmo seguiva due durate per le note musicali: una durata lunga, che corrispondeva alle sillabe lunghe, e una durata breve che corrispondeva alle sillabe corte, il valore della sillaba corta è la metà del valore di quella lunga. Il ritmo, in questo senso si chiama *metro*, come catena di durate lunghe e brevi. La musica greca conteneva una grande varietà di metri.
- Una composizione è divisa in *misure*, che hanno una lunghezza (cioè la somma delle durate) variabile (“ritmi ametrici”). Questo in contrasto con la musica antecedente al novecento dove ogni movimento di una composizione è diviso in misure in cui la somma delle durate è costante.
- La somma delle durate è un numero primo diverso da 3 (particolarmente 5, 11 e 17). Un esempio di ritmo a 5 a quello cretese, definito per la successione 2,1,2 (cioè due lunghe, una breve, due lunghe). Questo tipo di ritmo si chiama anche anfimacro, che vuol dire come dice Messiaen, “lunga che circonda la breve”.

Questo tipo di ritmi sono raramente usati in occidente prima di Messiaen.

Ritmi indù: la caratteristica più importante della musica indù è il posto preminente dato agli strumenti a percussione come tamburi, campanelle, cembali, battito delle mani.

Questo implica che il ritmo è un elemento essenziale di questa musica. Messiaen afferma che i ritmi indù sono di una raffinatezza e una sottigliezza senza pari che superano i “poveri” ritmi occidentali con le loro misure isocrone.

Sono assai frequenti nelle composizioni di Messiaen i ritmi sia greci che indù.

Messiaen redige un elenco di 120 *deçi-tâla* (*deçi* vuol dire ritmo e *tâla* vuol dire provincia quindi secondo lui, *deçi-tâla* vuol dire *ritmi delle varie provincie*) di cui 36 ritmi della tradizione *Karnataka* (cioè a sud dell’india)⁷. In questo contesto il ritmo è definito come una successione di numeri. Lui è affascinato da ciò, e nello studio delle composizioni di queste culture ogni volta che la somma delle durate è un numero primo lo segnala. Questa insistenza per i numeri primi ha un significato, infatti, nel suo *Traitè de rythme, de couleur et d’ornithologie*, p. 266, scrive: “l’impossibilità di dividere un numero primo (altro che per se

⁷ O. Messiaen, *Traitè de rythme, de couleur et d’ornithologie*, 7 tomi. Alphonse leduc, Paris.

stesso e per uno) gli garantisce una sorta di forza che è effettiva nel campo del ritmo”.

Una caratteristica che ritroviamo in quasi tutta la musica di Messiaen sono i *ritmi non retrogradabili* (è un ritmo che, considerato come successione di numeri, rimane lo stesso quando è letto da destra a sinistra o da sinistra a destra).

La retrogradazione è un procedimento classico dell'arte del contrappunto, che trasforma un certo motivo nello stesso motivo letto in senso contrario, cioè procedendo dall'ultima nota verso la prima. Il motivo iniziale è chiamato motivo in moto diretto e il motivo ottenuto tramite questo procedimento motivo in moto retrogrado. Così si può considerare un ritmo non retrogradabile come un affiancamento di un motivo in moto diretto e del motivo corrispondente in moto retrogrado.

Per Messiaen il ritmo non retrogradabile produce un grande fascino nell'ascoltatore considerando questo tipo di ritmo “Un'impossibilità matematica”⁸. L'impossibilità risiede nel fatto che “non è possibile retrogradare un tale ritmo perché, quando questo avviene, il ritmo rimane lo stesso”. Questo fascino dell'impossibilità risiede in certe impossibilità matematiche nei domini modali e ritmici. I modi⁹, che non si possono trasporre al di là di un certo numero di trasposizioni perché, se uno lo fa, ricade sempre sulle stesse note; i ritmi che non si possono retrogradare perché, quando uno lo fa' ritrova lo stesso ordine dei valori.

Per Messiaen un ritmo non retrogradabile ha la capacità di dare al suo ascoltatore una sensazione dell'infinito, perché “come tempo, un tale ritmo, è irreversibile non può muoverlo indietro, a meno che non si ripeta [...]. Il futuro e il passato sono immagini simmetriche di sé stessi”.¹⁰

Voglio concludere questo paragrafo dove ho cercato di esprimere la matematica nella musica per Olivier Messiaen con un passo tratto da un suo libro dove scrive:

“non si può trovare alcun errore nel canto degli uccelli, né nella melodia, né nel contrappunto. Il tardo sassello, forse il re degli

⁸ O. Messiaen, *technique de mon langage musical*, Alphonse Leduc, Paris, 1944.

⁹ I modi sono una successione di note distinte che danno l'atmosfera al brano musicale.

¹⁰ O. Messiaen, *Traité de rythme, de couleur et d'ornithologie*, 7 tomi. Alphonse Leduc, Paris.

uccelli cantanti, ha un canto magico, incantatore, scandito in piccole formule ritmiche molto nette, sempre riprodotte da due a cinque volte, generalmente tre volte (come nei rituali delle invocazioni religiose e l'incantesimo dello sciamanesimo primitivo). Al di là di qualche ritmo caratteristico, le strofe sono sempre nuove e l'invenzione ritmica inesauribile. La disposizione delle durate e dei numeri, sempre inattesa, impreveduta, sorprendente, manifesta tuttavia un senso di equilibrio tale che è difficile credere ad una improvvisazione".¹¹

1.5 Ritmo, musica, lingua naturale, matematica per l'apprendimento scolastico

Apparentemente questa serie di parole non hanno un significato comune che li colleghi tra di loro, ma, dopo un'analisi dettagliata è possibile rilevare un filo conduttore che attribuisce un significato diverso ad ogni concetto ma che riporta il tutto ad un'unica finalità che è l'apprendimento.

Un principio fondamentale che a scuola bisogna sempre tenere presente è la ricerca interdisciplinare, cioè bisogna sforzarsi di avere una visione unitaria vicina al reale e al tempo stesso rispettare la specificità delle discipline lasciando che ciascuna proceda con la propria impostazione.

Un insegnamento moderno delle discipline non può assolutamente ignorare questi legami in particolare tra la matematica e la realtà, se non si vuole ridurre, questa, ad uno sterile esercizio di abilità formali destinati ad un rapidissimo oblio al di fuori delle aule scolastiche.

Si tratta dunque di insegnare la matematica nelle più svariate situazioni collegata ad altre discipline come la musica, la lingua italiana, legata al mondo reale per stimolare gli alunni a costruire essi stessi le variabili significative per la soluzione di problemi.

In questo modo ci avviamo a cambiare qualche cosa nello studio non solo della matematica ma di tutte le discipline perché ognuna apporta un contributo all'altra, il cambiamento deve riguardare non solo i contenuti ma anche la metodologia didattica che in questo modo diventa più motivante.

Nei paragrafi seguenti cerco di spiegare i diversi termini

¹¹ O. Messiaen, *Traité de rythme, de couleur et d'ornithologie*, 7 tomi. Alphonse leduc, Paris.

mettendo in evidenza i contributi dell'educazione strutturo-ritmica.

1.6 Il concetto di struttura

Etimologicamente, il termine struttura deriva da “struere” che significa ammassare, costruire “*qualsiasi insieme, complesso, aggregato o sistema di elementi correlati secondo un certo ordine, disposizione, costruzione, rappresenta una struttura.*”

*I sistemi strutturali sono alla base sia delle manifestazioni ritmiche che dei meccanismi e processi mentali*¹².

Non esiste alcuna azione, concreta o pensata, che prescindere da una organizzazione strutturale di entità successive.

La struttura è una relazione spazio – temporale che collega in un determinato modo insieme di oggetti, battute, azioni e pensieri tra di loro.

Il concetto di struttura è indipendente dagli oggetti e dagli elementi usati; con elementi diversi è possibile costruire strutture identiche.

Ad esempio una struttura sonora al tamburo (una battuta seguita da tre ravvicinate nel tempo) può essere riprodotta con forme bi e tridimensionali diverse (λ λ λ λ, υ υ υ υ, ζ ζ ζ ζ) o essere riprodotta con il movimento (es.: battuta delle mani) mantenendosi invariata nei suoi intervalli elementari.

In conclusione possiamo affermare che la struttura:

- è ricodificabile (se aggiungo qualcosa, se modifico i codici);
- è indipendente dall'azione e dai mezzi;
- forma il pensiero astratto (la struttura è astratta non è qualcosa di concreto);
- è presente in ogni disciplina (in modo trasversale);
- interessa vari comparti percettivo – motorio;
- è decodificabile (perché leggo i codici);
- è codificabile (perché mettiamo in codice).

1.7 Il concetto di ritmo

Il termine greco “ritmo”, tradotto dai latini con numerus, in virtù

¹² CAZZAGO P., *Psicomotricità e spazio – tempo, strutture e ritmi*, Brescia, Editrice la Scuola, 1984.

del suffisso “-tmo” appartiene alla categoria dei sostantivi come aritmos, che indicano l'azione del misurare con esattezza. Ma qual'è l'unità di misura della musica?

Letteralmente, l'unità di misura della musica è una frazione: quella che indica il metro, e sulla quale si possono effettuare vere e proprie operazioni matematiche.

Più generalmente, attraverso la frazione che indica il metro di una composizione si esprime quella corrispondenza fra matematica e musica che sta alla base della filosofia pitagorica. Anzi, questa filosofia fu appunto ispirata dalla scoperta che i rapporti numerici sono in grado di esprimere i rapporti armonici: poteva essere considerata una coincidenza, e invece Pitagora la interpretò come un indizio di qualcosa di molto profondo, e cioè il fatto che la matematica è il linguaggio della natura. La scienza, che non fa altro che ricercare altre manifestazioni di questa intuizione, è dunque nata da un'osservazione sul rapporto fra matematica e musica.

La progressione ascendente o discendente, procedimento compositivo consistente nella ripetizione esatta e periodica di una medesima formula melodica o armonica su gradi diversi, è una delle figure retorico-musicali più in uso nella musica strumentale barocca. Corrispondenza biunivoca con le successioni matematiche.¹³

Tutto ciò che esiste in natura, compresa l'attività dell'uomo, è movimento e obbedisce alle leggi del ritmo.

Il ritmo viene definito come “ordine nel movimento, intendendo con ciò la manifestazione dei ritorni periodici di strutture semplici o complesse e la coordinazione presente nella successione delle strutture stesse. I ritorni periodici del ritmo musicale sono molto importanti a livello percettivo perché hanno il potere di suscitare induzione motoria: la regolarità ritmica, infatti, genera movimenti che si armonizzano con il segnale percettivo”.¹⁴

Riferendomi a ciò che ci interessa in questo contesto possiamo definire il ritmo come:

qualsiasi organizzazione e strutturazione di fenomeni che

¹³ PIERGIORGIO ODIFREDDI, La Stampa, giovedì 7 maggio 1998, La matematica dell'armonia

¹⁴ RICCARDO GUERRA – ERSILIA GIACON, *Apprendere movimentando*, Edizioni Scientifiche Mag. pp 78.

avvengono in maniera successiva nel tempo e che si ripetono ciclicamente.

Il ritmo ricopre, dunque, un ruolo fondamentale nel campo educativo, sia come momento fortemente socializzante, sia perché favorisce il controllo delle capacità psicomotorie, costituendo il supporto iniziale per ogni attività.

Quindi, un'organizzazione di fenomeni per essere ritmica deve essere:

- ordinata nel successivo (ciascun elemento ha un suo preciso posto nell'organizzazione);
- strutturale (con particolare legame tra gli elementi);
- periodica (le strutture si ripetono nel tempo sempre in forma identica).

La dimensione ritmica serve a:

- conferire ordine alla mia mente;
- capire la struttura;
- capire la periodicità del ritmo.

Distinguiamo diversi tipi di ritmo:

- Ritmo cosmico (i ritmi della natura, il giorno e la notte, le stagioni);
- Ritmo motorio (dato dall'esercizio)
- Ritmo uditivo;
- Ritmo visivo;
-

Il ritmo risulta sempre caratterizzato da un aspetto **quantitativo** (relativo ad un certo numero di fenomeni aventi una loro durata nel tempo) ed un aspetto **qualitativo** (che indica che i fenomeni non risultano percepiti come una giustapposizione caotica, ma come forma d'insieme avente un proprio ordine ed una propria organizzazione strutturale).

Possiamo riassumere i concetti basilari del ritmo asserendo che:

- il ritmo è presente in tutti i momenti della vita quotidiana di ogni individuo;
- il ritmo è alla base dell'apprendimento scolastico;
- l'acquisizione del ritmo è strettamente collegata al movimento e più specificamente alla elaborazione dello schema corporeo;
- il movimento eseguito ritmicamente offre numerosi vantaggi

Il bambino, durante la scuola materna e nel primo ciclo della scuola elementare, riesce a percepire, comprendere e memorizzare strutture e ritmi che abbiano un diretto legame con il vissuto psicomotorio. Non a caso, l'educazione al ritmo è alla base dell'insegnamento nel primo ciclo della scuola elementare, soprattutto nella scuola materna per favorire una idonea acquisizione degli apprendimenti di base, perché proprio alla non corretta strutturazione ritmica sono legate alcune turbe psicomotorie e conoscitive.

L'educazione ritmica, in stretto rapporto con l'educazione psicomotoria, si presenta come educazione al movimento, come educazione percettiva e come coordinazione "gesto – suono"; inizia con la sincronizzazione tra movimento e suono dei ritmi naturali e spontanei del bambino (dondolare, camminare, saltare) cercando di arricchire ciò che il fanciullo già possiede. Sviluppa inoltre il senso dell'orientamento, la lateralità, la coordinazione dinamica generale, l'organizzazione dello spazio e del tempo, il controllo respiratorio (indispensabile per l'articolazione del linguaggio), la lettura, il pensiero logico – matematico nonché la socializzazione. Quindi l'allenamento strutturo - ritmico fonda le sue basi per conquiste strutturali astratte quali le strutture matematiche, grammaticali, mentali, contribuendo all'organizzazione strutturale del pensiero.

Una successione ritmata di movimenti (ad esempio) risulta nettamente più facile da eseguire e comporta meno fatica rispetto ad una successione degli stessi eseguita però in forma non ritmata: l'esercizio ritmato regolarizza il dispendio nervoso, in questo modo l'esercizio eseguito in forma ritmata è economico. La sua utilizzazione è quindi particolarmente raccomandabile in quanto favorisce l'eliminazione delle sincinesie destabilizzanti (dovute ad un'attività volontaria mal controllata), permette l'armonia dei gesti motori, il rilassamento, elementi indispensabili per raggiungere la padronanza del proprio corpo e come già accennato per l'apprendimento della letto – scrittura e l'avvio alla strutturazione del pensiero logico – matematico: per la lettura, infatti, che è un meccanismo complesso basato sulla corrispondenza tra il simbolismo dei segni grafici con i suoni corrispondenti, il bambino deve in sostanza trasferire nel tempo una sequenza spaziale; per la scrittura, invece, il bambino deve operare in maniera inversa, cioè trasferire nello spazio grafico

una sequenza temporale.

L'educazione strutturo – ritmiche, non va intesa come un'attività ludico aspecifica con finalità ricreativa, ma attraverso le proposte strutturo – ritmiche dobbiamo favorire nel bambino l'instaurarsi di abilità che sviluppino la sua capacità di pensare.

L'educazione strutturo ritmica risulta collegata alle seguenti conquiste ed interiorizzazioni:

- schema corporeo e coscienza di sé;
- orientamento e strutturazione spazio – temporale;
- capacità di attenzione ordinata nel successivo;
- capacità mnestiche;
- identificazioni ed interiorizzazioni di ordini successivi non intercambiabili;
- potenziamento dei processi di analisi e sintesi;
- intensificazione delle capacità di simbolizzazione partendo da dati vissuti concreti;
- capacità di apprendere materie strumentali (leggere, scrivere, far di conto ecc.)
- prerequisiti per la conquista astratta dell'idea di tempo.¹⁵

1.10 Strutture Logico – Matematiche

l'insegnamento della matematica “*si è orientato verso l'acquisizione diretta di concetti e strutture matematiche*” (D. P. R. 104/'85). Apprendendo le strutture della matematica gli alunni entrano in possesso di un patrimonio che li renderà in grado di decontestualizzare gli apprendimenti trasferendoli in altre situazioni problematiche.

Sapere padroneggiare le strutture matematiche significa, quindi, per l'alunno poter leggere, interpretare, ipotizzare la realtà, agire operativamente su questa.

L'insegnamento di questa disciplina nella scuola elementare è stato per lungo tempo caratterizzato dalla necessità di fornire all'alunno le capacità operative indispensabili per le attività pratiche e dall'estrema importanza data allo studio pedissequo di regole e teorie astratte; la conseguenza è stata, sul piano didattico la manipolazione di formule del tutto avulse, sul piano del significato, dal vissuto dell'alunno.

¹⁵ Cit. da CALABRESE L., *L'apprendimento motorio fra i 5 e i 10 anni*, Roma, Amando Armando, 1974.

Oggi si sta affermando che ciò che interessa la Matematica non è la formula, l'espressione astratta, ma la sostanza dei suoi concetti, il significato e il senso dei suoi principi, il perché dei suoi procedimenti, le ricadute nella realtà esterna, sulla organizzazione interna delle conoscenze ben strutturate.

L'organizzazione interna delle conoscenze deve scaturire dalla interiorizzazione delle azioni esplorative concrete fruite dagli alunni, da situazioni tratte dai contesti esperenziali fondati sul vissuto e tradotti in problemi, al fine di condurli ad un complesso articolato di capacità operative ed alla loro organizzazione strutturata, alla codifica di simboli convenzionali ed alla loro astrazione per formulare teorie generalizzabili. Così come troviamo scritto nei programmi per la scuola elementare del 1985:

“la vasta esperienza compiuta ha però dimostrato che non è possibile giungere all'astrazione matematica senza percorrere un lungo itinerario che collega l'osservazione della realtà, l'attività di matematizzazione, la risoluzione dei problemi, la conquista dei primi livelli di formalizzazione. [...] Di conseguenza le nozioni matematiche di base vanno fondate e costruite partendo da situazioni problematiche concrete, che scaturiscono da esperienze reali del fanciullo...”

In questo processo, che si configura lungo e complesso, occorre partire da ciò che l'alunno possiede nel suo bagaglio di esperienze legate allo spazio e al tempo, alle relazioni tra se stesso e l'ambiente circostante e ad i rapporti tra sé, il mondo e la dimensione spazio – temporale (memoria episodica), per giungere ad una conoscenza del mondo e dei simboli, dei segni e dei significati che esprimono la realtà la quale, nelle loro reciproche relazioni, si organizzano in formule (memoria semantica).

Il concetto di numero dipende in gran parte dalla interiorizzazione di alcune strutture operazionali di base quali: la corrispondenza univoca, la classificazione, la seriazione, l'ordinalità, la cardinalità.

Queste strutture logico – matematiche, secondo Piaget, si costruiscono in relazione alle azioni strutturate. Egli, infatti, afferma: *‘In generale tutto ciò che riguarda le relazioni tra le strutture logico - matematiche e l'azione interessa la psicologia contemporanea, poiché queste relazioni sono di natura tale da*

chiarire la questione sempre attuale di sapere che cosa il pensiero deve al linguaggio e che deve più profondamente alle coordinazioni dell'azione stessa".¹⁶

Come scrive Cazzago *“per la conquista delle strutture logico – matematiche normalmente il bambino passa attraverso tre tappe:*

- *nella prima **FA**;*
- *nella successiva **VEDE** la realtà;*
- *nella terza **SIMBOLIZZA** ciò che ha visto.*

Prima c'è la tappa dell'azione che è seguita da quella iconica e poi da quella simbolica.”¹⁷

Per Dienes nell'insegnamento tradizionale si parte proprio dal simbolo, cioè la terza tappa. Si ritiene che spiegando il significato del linguaggio matematico, il bambino possa capire ciò che vuole dire il simbolo matematico e dopo sia capace ad utilizzare questo simbolo, poi magari si ricorre ai sussidi audio visivi e poi agli esercizi pratici, cioè si fa tutto il contrario di ciò che si dovrebbe fare.

Grazie all'osservazione diretta dei bambini ci si rende conto che la maggior parte delle difficoltà dei bambini ad acquisire i concetti matematici come ad esempio i simboli numerici, è dovuta proprio all'incapacità di interiorizzare relazioni strutturali fra elementi concreti.

La difficoltà di mantenere sul piano cosciente una serie ordinata di elementi numerici (1...2...3...4... ordinalità numerica) impedisce al bambino con difficoltà di assegnare a ciascun numero il suo posto nella scala numerica.

In questo modo non potrà essere appresa la cardinalità numerica, cioè il numero che indica la quantità di oggetti contenuti in un insieme finito



Questo ha per cardinale 6, il bambino riesce a comprendere ciò solo se è in grado di fare corrispondere a ciascuna stellina un particolare numero definito (corrispondenza biunivoca) e se avrà

¹⁶ Cit. da CALABRESE L., *L'apprendimento motorio fra i 5 e i 10 anni*, Roma, Amando Armando, 1974.

¹⁷ CAZZAGO P., *Psicomotricità e spazio – tempo, strutture e ritmi*, Brescia, Editrice la Scuola, 1984.

una sua serialità e ordinalità numerica (1...2...3...ecc.). In sé, infatti, la cardinalità numerica riassume sia le corrispondenze biunivoche che le sequenze ordinali.

L'educazione strutturo – ritmica favorisce nel bambino l'apprendimento dei prerequisiti che sono alla base del concetto numerico.

In ogni proposta strutturo – ritmica ci sono inferenze di corrispondenza biunivoca, classificazione, ordinalità e cardinalità; in tutto questo comunque c'è un vantaggio educativo e cioè che il bambino vive e sente concretamente ciò che fa, avendo maggiori possibilità di interiorizzazione.

Per quanto riguarda l'acquisizione di queste abilità numeriche tra gli studiosi esiste un generale accordo e cioè: i bambini possiedono abilità implicite, relative ai numeri, ben prima di imparare ad utilizzare i numeri nel contesto scolastico, Wynn (1998) afferma che la comprensione dei numeri è intrinseca alla struttura della nostra mente ed è pertanto innata. Inoltre, viene affermato che il conteggio costituisce il prerequisito fondamentale dell'apprendimento matematico, intendendo per conteggio non la ripetizione mnemonica come se fosse una filastrocca dei numeri che i bambini imparano molto presto, ma perché questa attività si configuri come un vero e proprio processo logico di conteggio, e si ponga quindi alla base dello sviluppo delle successive abilità di calcolo, è necessario che il bambino rispetti i principi del conteggio definiti da Gelman e Gallistel (1978), quali:

- il principio dell'ordine stabile (il conteggio richiede una sequenza in un ordine fisso);
- il principio uno a uno (ad ogni oggetto corrisponde una sola etichetta numerica);
- il principio di cardinalità (l'ultimo numero contato corrisponde al numero totale di oggetti contati);
- il principio di irrilevanza dell'ordine (gli oggetti possono essere contati in qualunque ordine);
- il principio di astrazione (qualunque cosa può essere contata).

Per fare acquisire il concetto di cardinalità numerica potremmo operare in questo modo:

possiamo creare una orchestra ritmica a cui si richiedono esecuzioni strutturo – ritmiche di gruppo dove è necessario identificare con precisione aritmetica le sequenze ritmico –

strumentali.

Utilizzando la codificazione grafico – visiva possiamo rappresentare una battuta isocrono – regolare con un quadrato (V), due battute veloci saranno rappresentate da due rettangoli che come somma di superficie corrispondono al quadrato (ζζ si spiegherà che l'intervallo temporale $V = \zeta\zeta$); tre battute ancora più veloci si rappresentano con tre rettangolini che come somma corrispondono al quadrato (ψψψ gli intervalli seguenti avranno, quindi, lo stesso valore nel tempo $V = \zeta\zeta = \psi\psi\psi$); per i tempi molto ravvicinati si sceglierà il codice composto da quattro quadratini (◆◆)

Quindi le uguaglianze complessive in termini temporali saranno:

$$V = \zeta\zeta = \psi\psi\psi = \text{◆◆}$$

I valori di pausa li possiamo contrassegnare con questo simbolo

— che corrisponde al valore isocrono del quadrato, solo che il tempo, nel valore di pausa sarà vuoto cioè privo di battute.

Questa rappresentazione che risulta aritmicamente corretta può essere facilmente compresa anche dai bambini con difficoltà di apprendimento.

In questo i bambini possono realizzare semplici partiture strutturo – ritmiche che abbiano, nello stesso tempo, la caratteristica della precisione aritmetica ad esempio:

V V	V V	V V	V V	V V
— V	V ζζ	ζζ ψψψ	ζζ —	V ◆◆

1.11 L'educazione strutturo - ritmiche e l'apprendimento della lingua

Nei programmi per la scuola elementare l'apprendimento della lingua italiana ha un ruolo centrale in quanto il linguaggio, soprattutto verbale, è il canale di comunicazione privilegiato.

La strutturazione motoria, uditiva, visiva, oltre che porre le basi per gli apprendimenti logico – matematici, risulta un prerequisito importante anche per l'apprendimento della scrittura e della lettura.

Ciascuna lettera alfabetica, sia che venga letta o scritta, ha una sua caratteristica strutturale organizzata nello spazio – tempo.

Noi, infatti, riconosciamo una lettera alfabetica solo se i segni che la compongono sono legati ad una certa organizzazione grafica:

E corrisponde alla **e** **S** non corrisponde alla **e**

È, infatti, importante possedere: il concetto di orizzontalità, di verticalità, di obliquità, di alto-basso, di sopra–sotto, di lungo–corto, di grande – piccolo, di circolarità, di semicircularità, di lateralità.

Quanto abbiamo detto per la strutturazione della lettera alfabetica vale anche per l'identificazione della parola nella quale il bambino deve organizzare una serie di lettere alfabetiche organizzate in modo significativo.

Corsa non è *Sarco*

Quando poi le parole si uniscono a formare frasi le parole devono essere correlate e strutturate secondo certi criteri semantici.

Una buona educazione strutturo – ritmica è un valido aiuto per i bambini dislessici e disgrafici che si dimostrano carenti nella organizzazione strutturale delle lettere alfabetiche, della composizione delle parole e delle frasi.

Riassumendo la strutturazione temporale e ritmica è un elemento fondamentale per apprendere una corretta lettura: la percezione e la riproduzione delle strutture ritmiche facilita e rende gradevole, ad esempio, l'apprendimento della divisione in sillabe, favorisce l'acquisizione di una lettura condotta in maniera espressiva, e un valido strumento di recupero degli alunni che evidenziano difficoltà di pronuncia, disturbi del linguaggio o difficoltà di letto–scrittura.

Certamente i fattori che intervengono nell'apprendimento della letto – scrittura sono molteplici e non si possono sintetizzare semplicemente nella strutturazione temporale e ritmica anche se assume un ruolo fondamentale.

È indispensabile che venga stimolato il cervello nei suoi vari compiti percettivi (visivi, uditivi, tattili, cinestetici, ecc.) per ottenere lo sviluppo della sua funzionalità e per sviluppare le sei aree cerebrali più importanti:

con funzione recettiva

- la *vista*; che porta alla lettura;
- l'*udito*, che porta alla comprensione del linguaggio orale;
- la *sensibilità tattile*, che porta al riconoscimento degli oggetti.

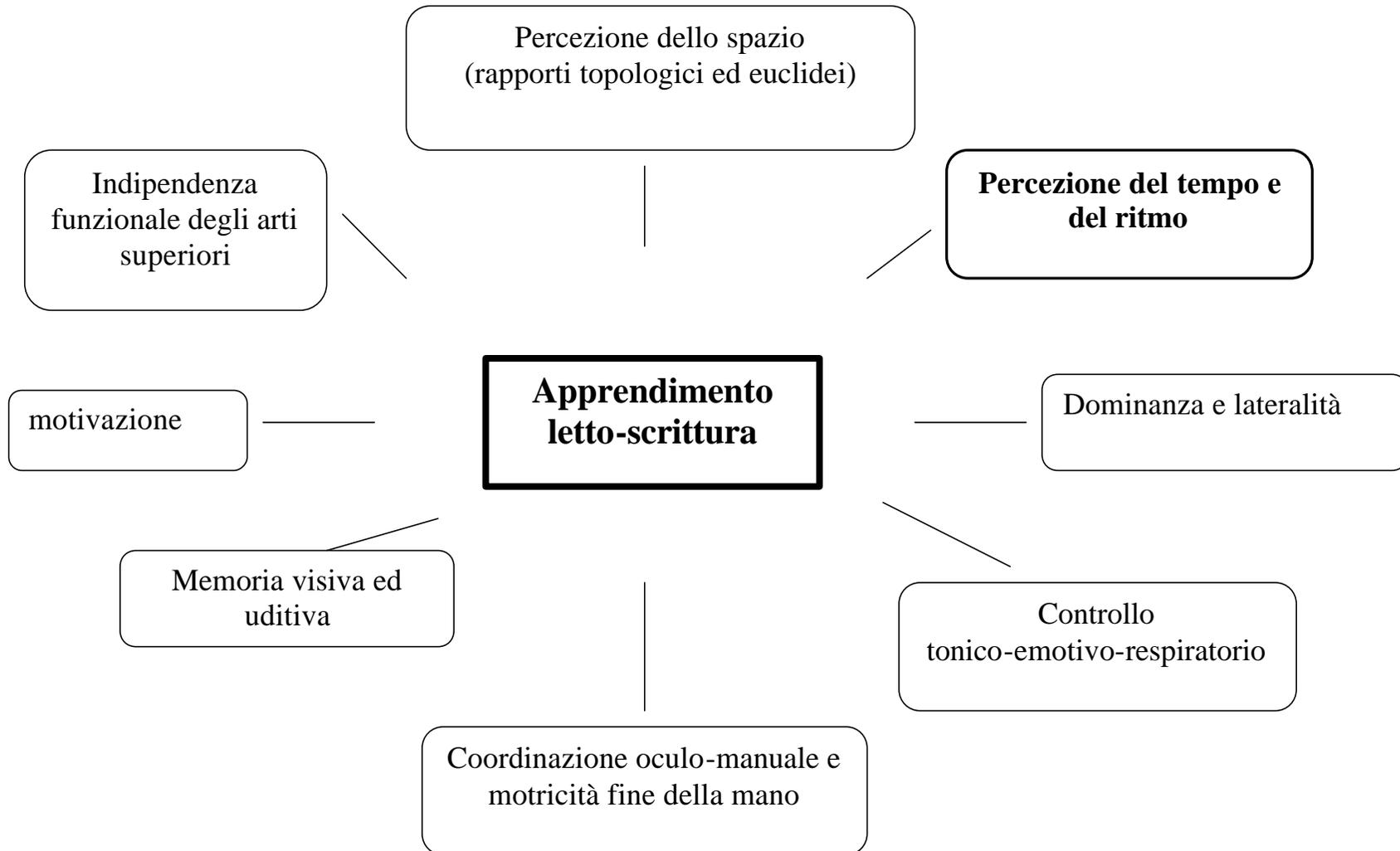
Con funzione emissiva

- il *movimento*, il cui fine è l'espressione corporea;
- l'*emissione dei suoni*, fino alla parola;
- l'*uso della mano*, per arrivare alla scrittura.

Inoltre, l'apprendimento della lettura e della scrittura, appare condizionato dall'acquisizione di fondamentali capacità psicomotorie e da determinate condizioni affettive e motivazionali che possono essere stimolate attraverso giochi interdisciplinari tra attività psicomotorie, linguistiche, logico-matematiche, ecc.; leggere implica operare una trasposizione nel tempo di una sequenza di segni grafici, adeguatamente decodificati, per l'apprendimento di queste capacità è opportuno che l'alunno possieda queste capacità:

- una buona conoscenza dei concetti topologici e dei rapporti euclidei (per organizzarsi ed orientarsi nello spazio grafico);
- riconosca su di sé la destra e la sinistra: processo di lateralizzazione (orientamento delle lettere e dei numeri);
- abbia una adeguata percezione del tempo (principalmente per quanto riguarda i concetti di contemporaneità e di successione) e delle strutture ritmiche (accenti, pause, cadenze, divisione in sillabe, ecc.);
- sappia effettuare una corretta respirazione funzionale (per poter produrre una buona lettura espressiva);
- Abbia una adeguata percezione del tempo (principalmente per quanto riguarda i concetti di contemporaneità e di successione) e delle strutture ritmiche (accenti, pause, cadenze, divisione in sillabe, ecc.);
- disponga di un adeguato livello evolutivo di coordinazione oculo-manuale.

Possiamo sintetizzare il tutto con una rappresentazione grafica proposta da Riccardo Guerra e Ersilia Giacon



Capitolo secondo La Sperimentazione

Premessa

Nel presente capitolo, dopo aver presentato l'ipotesi della mia ricerca, mi soffermo a descrivere la fase sperimentale.

Una particolare attenzione viene dedicata alla descrizione della situazione sperimentale (campione, metodologia) e alla sperimentazione, in particolare in questo capitolo approfondisco l'analisi a priori.

2.1 Ipotesi sperimentale

La parte iniziale della mia tesi ha messo in evidenza che esistono delle *correlazioni tra lingua naturale, ritmo e matematica*.

Come afferma lo studioso Cazzago l'educazione al ritmo costituisce uno dei cardini educativi fondamentale per l'organizzazione dei movimenti, della percezione uditiva e visiva, dello scorrere ordinato dei pensieri.

“Non esiste alcuna azione, concreta o pensata, che prescindenda da una organizzazione strutturale di entità successive”.

Gli apprendimenti scolastici sono influenzati dalle correlazioni che si vengono a creare tra i vari elementi.

Per quanto riguarda l'apprendimento delle scrittura e della lettura, abbiamo già visto nel capitolo precedente, si fonda sull'esperienza della successione ritmica che aiuta ad organizzare in modo ordinato i grafemi in quanto li allinea alla percezione reversibile di sequenze ordinate.

Lo stesso vale per l'apprendimento dei simboli matematici. Come abbiamo già accennato, la corrispondenza biunivoca, la classificazione, la seriazione, l'ordinalità e la cardinalità numerica che costituiscono le tappe dello sviluppo del concetto numerico, hanno la loro genesi nell'idea di successione ritmica.

H1: Se ci sono delle correlazioni tra lingua naturale, ritmo e matematica allora l'educazione strutturo-ritmiche nell'apprendimento della matematica in opportune condizioni sperimentali ne viene avvantaggiato.

Questa ipotesi è più specifica e risponde maggiormente al mio lavoro di ricerca e sperimentazione.

Con la mia attività o cercato di capire quali sono le implicazioni di un'educazione strutturo-ritmiche che influenzano l'apprendimento della matematica nell'alunno della scuola elementare, e che favoriscono la **reversibilità del pensiero** (riuscire a tenere presente sul piano cosciente più entità per volta) **la flessibilità** (l'adattamento alle situazioni nuove), **l'originalità** (soluzioni problematiche divergenti ed efficaci).

2.2 Campione di ricerca

La sperimentazione è stata rivolta a sei classi del primo ciclo della scuola elementare.

Cinque classi di seconda elementare e una di prima (il questionario da me preparato era adeguato alle capacità medie di un alunno di seconda elementare, ma ho voluto somministrarlo anche ad una classe di prima elementare per vedere come rispondevano alle situazioni-problema proposte, e fare un confronto tra le due sezioni).

L'età dei bambini è compresa tra i sei e gli otto anni provenienti da livelli socio-culturali diversi. Il questionario oggetto della sperimentazione è stato somministrato in due diverse scuole di Alcamo e precisamente l'Istituto comprensivo L. Pirandello e l'Istituto Lombardo Radice.

La ricerca è stata rivolta a 109 bambini.

2.3 La metodologia

Il fine della mia ricerca è quello di verificare quali sono le implicazioni dell'educazione strutturo-ritmica nell'apprendimento della matematica.

Per questo motivo ho realizzato un test che propone una serie di item proprio con questo scopo.

In classe sono andata nelle prime ore scolastiche in questo modo gli alunni erano meno stanchi e maggiormente disposti ad ascoltare le proposte.

In classe dopo una presentazione iniziale per preparare gli alunni, ho spiegato che potevano svolgere il test con la massima tranquillità perché su quello non sarebbero stati valutati e inoltre era anonimo.

Ho preferito dopo la distribuzione del test leggere tutto il

questionario alla classe e rispondere ad eventuali domande o richieste da parte degli alunni.

Nella classe prima, ho adoperato un'altra strategia date le evidenti difficoltà che hanno dimostrato, leggevo un esercizio, lo spiegavo rispondevo alle loro domande e davo un tot di tempo per eseguirlo poi leggevo il secondo esercizio così fino alla fine.

IL TEST



Alunno:.....

SVOLGI I SEGUENTI ESERCIZI

A) Assegna ad ogni simbolo una quantità.

A1)  =

A2) = YYYYYY

AM) PERCHE' hai risposto così:

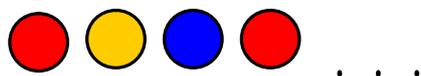
.....
.....

B) Continua tu...

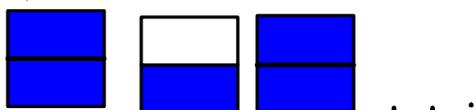
B1)



B2)



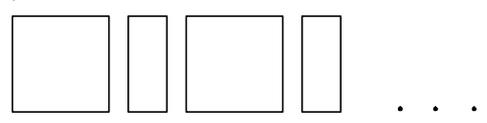
B3)



B4)



B5)



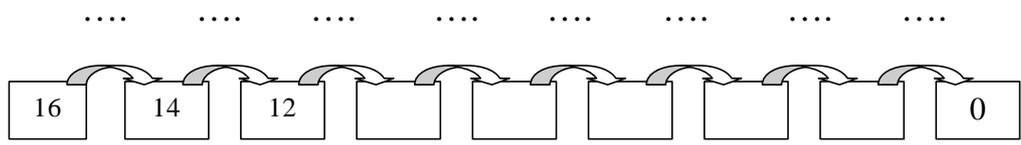
BM) PERCHE' hai risposto così:

.....

.....

C) Quale comando vi fa passare da un numero a quello seguente?
 Scrivetelo sulla freccia e continuate la sequenza fino a 0.

C1)



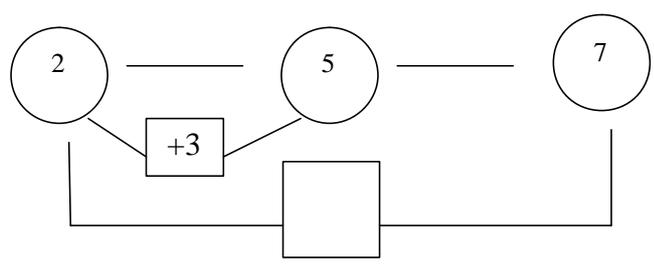
CM) PERCHE' hai risposto così:

.....

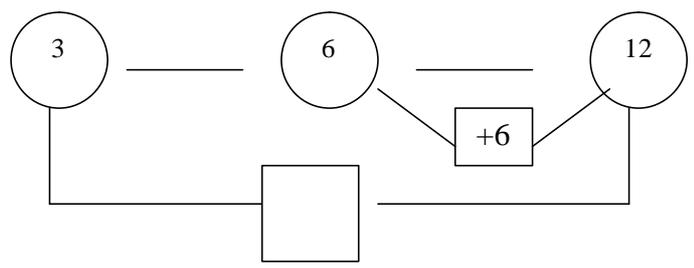
.....

D) Metti l'operatore corretto

D1)



D2)



DM) PERCHE' hai risposto così:

.....

.....

E) considerato che il valore del cerchietto piccolo è 1 e del cerchietto grande è 2

$$\bullet = 1$$

$$\bullet\bullet = 2$$

Risolvi l'esercizio come nell'esempio:

ESEMPIO:

$$\bullet + \bullet\bullet$$

$$1 + 2$$

$$\bullet + \bullet\bullet + \bullet + \bullet\bullet$$

$$1 + 2 + 1 + 2 = 6$$

Ora continua tu...

E1)

$$\bullet\bullet + \bullet + \bullet + \bullet$$

$$2 + 1 + 1 + 1$$

.....

..... = 10

E2)

$$\bullet\bullet + \bullet\bullet + \bullet$$

$$2 + 2 + 1$$

.....

..... = 10

EM) PERCHE' hai risposto così:

.....

.....

Obiettivi degli item proposti:

- A) questo esercizio è importante per capire la capacità di operare TRASPOSIZIONI strutturo – ritmiche.
Sul piano metodologico – didattico è importante favorire costantemente trasposizioni strutturo – ritmiche fra i vari componenti.
- B) Ho proposto ai bambini serie algoritmiche per grande, piccolo... che nello spazio, corrisponde a forte, piano. Ciò che voglio verificare con questo esercizio è se gli alunni riescono a tenere presenti le cellule algoritmiche e a ripeterle in forma ciclica.
- C) Questo è un classico esercizio nella quale voglio verificare se l'alunno ha capacità ritmiche operando con i numeri.
- D) Anche questo esercizio vuole verificare le capacità ritmiche e logiche dell'alunno operando con i numeri e in particolare vuole verificare la capacità dell'alunno di inserire il cardinale secondo l'approccio ricorsivo.
- E) Con questo esercizio voglio verificare la capacità del bambino di ripetere in forma ciclica una struttura e quindi di riprodurre un ritmo sia dal punto di vista grafico che numerico importante per verificare la capacità:
- cardinale;
 - ordinale,
 - e anche l'approccio ricorsivo.

2.4 Analisi a-priori

La strutturazione dell'analisi a-priori dell'apparato sperimentale ha preso in considerazione:

- le rappresentazioni epistemologiche;
- le rappresentazioni storico-epistemologiche;
- i comportamenti ipotizzati degli allievi.

L'analisi a-priori però non presenta delle variabili specifiche che evidenziano il passaggio dal linguaggio aritmetico al linguaggio algebrico, piuttosto quelle che rappresentano il pensiero sistemico.

Nella risoluzione del problema con il foglio elettronico, le strategie (variabili) che il campione ha presentato sono le seguenti:

- AM1 “ho contato gli oggetti e ho messo il risultato”.
 - AM2 “ho contato in avanti”.
 - AM3 “ho attribuito ad ogni simbolo una quantità”.
 - AM4 “ho guardato quante volte si ripetevano gli oggetti”.
 - AM5 “ho disegnato la quantità di oggetti proposti”.
 - AM6 “ho aggiunto uno per ogni simbolo e quindi ho raddoppiato il tutto”
-

- BM1 “bisogna capire la forma e ricopiarla”
 - BM2 “ho continuato l’ordine e ripetuto le sequenze dei disegni”
 - BM3 “ho guardato l’esempio e ho seguito le istruzioni”.
 - BM4 “ho contato gli oggetti”.
 - BM5 “ho guardato i disegni e li ho ricopiati uguali”.
-

- CM1 “ho contato”.
 - CM2 “ho seguito la sequenza di 2 come nell’esempio”.
 - CM3 “ho fatto il calcolo utilizzando la tabellina del due”.
 - CM4 “ho utilizzato l’operatore -2 che mi fa arrivare a 0”.
 - CM5 “ho contato all’indietro saltando un numero e scrivendo l’altro”.
-

- DM1 “ho contato e messo l’operatore che addizionato al precedente mi dava il risultato finale”.
 - DM2 “ho contato i numeri”.
 - DM3 “ho seguito la sequenza”.
-

- EM1 “ho contato per arrivare al risultato finale”.
- EM2 “ho fatto le addizioni”.
- EM3 “ho attribuito un valore diverso alla pallina grande (2) e piccola (1) e le ho contate per arrivare al risultato finale”.
- EM4 “ho seguito l’esempio”.
- EM5 “ho ricopiato la sequenza per arrivare al risultato finale”.

Capitolo terzo Dati sperimentali

3.1 Descrizione dei dati sperimentali

L'analisi implicativa è uno strumento potente e duttile che, con un lavoro di impostazione dei dati consente una chiara visualizzazione dei rapporti di implicazione e di similarità tra le variabili analizzate.

Il metodo implicativo per l'analisi dei dati e lettura dei grafici, che ho usato, è stato realizzato con il software di statistica CHIC (R. Gras 1997).

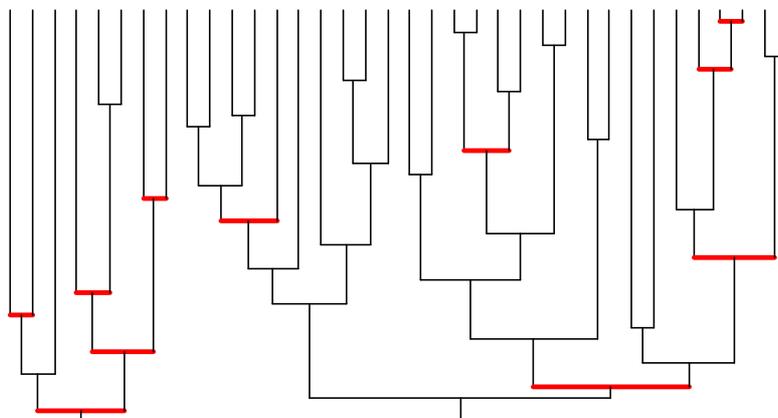
L'analisi implicativa, più specificamente, è uno strumento fondamentale all'interno della ricerca in didattica della matematica, è stata recentemente utilizzata, sempre allo scopo di ottenere analisi di tipo implicativo, per lavori di statistica inferenziale, relativi a questionari somministrati a studenti e ad insegnanti in sistemi di monitoraggio differenti ed in contesti differenti.

I grafici elaborati con lo CHIC



3.1.1 Il grafico della similarità

A	A	B	B	B	B	B	E	A	C	B	E	C	A	A	C	D	E	A	A	A	E	B	D	C	D	D	B	B	B	C	D	E	E	E
1	2	5	1	2	3	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	1	M	1	2	4	M	M	M	M	1	2
						3	4	1	5	4	1	3	4	2	1	2	2	3	5	6	3	2	1	4			5	1	2	3	5			

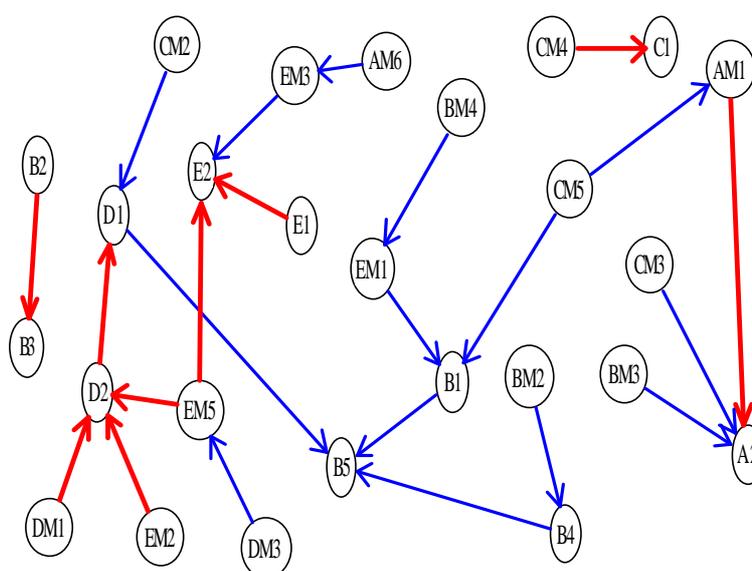


Arbre de similarité : A:\music1.csv

Dal grafico della similarità si evidenzia che:

- L'item **A1** (assegna ad ogni simbolo una quantità) è simile all'item **A2** in quanto l'esercizio è dello stesso genere e richiede le stesse abilità di trasposizione strutturo – ritmiche.
- Lo stesso vale per la serie di esercizi “Continua tu!” (**B1, B2, B3, B5**) che si trovano vicini tra di loro e che richiedono la capacità del bambino di tenere presenti delle cellule algoritmiche (grande – piccolo, pieno – vuoto...) e ripeterle in forma ciclica.
Si allontana l'item **B4** che trova similarità con la variabile **BM5** (ho guardato i disegni e li ho ricopiati uguali).
- Per quanto riguarda l'item **C1** (scrivi il comando che ti fa passare da un numero a quello seguente continuando fino a 0) trova similarità con la variabile **CM4** (ho utilizzato l'operatore -2 che mi fa arrivare a 0).
- Anche gli item **D1 e D2** (metti l'operatore corretto) sono simili tra di loro in quanto richiede le stesse abilità, cioè la capacità dell'alunno di inserire il cardinale secondo l'approccio ricorsivo.
- Lo stesso vale per **E1 e E2**, item che richiedono la capacità del bambino di ripetere in forma ciclica una struttura, cioè di riprodurre un ritmo sia dal punto di vista grafico che numerico.

3.1.2 Il grafico implicativo



Dal grafico delle implicazioni si evidenzia che:

1. L'item **B2** (continua tu! Questo esercizio richiede la capacità di tenere presenti le cellule algoritmiche e ripeterle ciclicamente, la dimensione da tenere presente è quella cromatica) implica la variabile **B3** (lo stesso esercizio, continua tu! Ma la variabile da tenere in considerazione è pieno-vuoto).
2. L'item **D2** (metti l'operatore corretto) implica le variabili **DM1** (ho contato e messo l'operatore che addizionato al precedente mi dava il risultato finale), **EM2** (ho fatto le addizioni) ed **EM5** (ho ricopiato le sequenze per arrivare al risultato finale).
3. L'item **D1** (metti l'operatore corretto) implica le variabili **D2** (metti l'operatore corretto) e **CM2** (ho seguito la sequenza di due come nell'esempio).
4. L'item **E2** (considerato che il valore del cerchietto piccolo è 1 e del cerchietto grande è 2, continua la serie che ti viene proposta) implica le variabili **EM5** (ho ricopiato la sequenza per arrivare al risultato finale), **EM3** (ho attribuito un valore diverso alla pallina grande (2) e alla pallina piccola (1) e le ho contate per arrivare al risultato finale) E l'item **E1** (lo stesso item ma con una sequenza diversa).
5. L'item **B5** (Continua tu! Questo esercizio richiede la capacità di tenere presenti le cellule algoritmiche e ripeterle ciclicamente, la dimensione da tenere presente è largo – stretto) implica gli item **D1** (metti l'operatore corretto) **B1** (lo stesso item “Continua tu!” la dimensione da tenere presente è grande – piccolo) **B4** (lo stesso item, “Continua tu!” la dimensione da tenere presente è lungo – corto).
6. L'item **A2** (assegna ad ogni simbolo una quantità) implica le variabili **BM3** (ho guardato l'esempio e ho seguito le istruzioni), **CM3** (ho fatto il calcolo utilizzando la tabellina del due) **AM1** (ho contato gli oggetti e ho messo il risultato).

7. La variabile **AM3** (ho attribuito ad ogni simbolo una quantità) implica la variabile **AM6** (ho aggiunto uno ad ogni simbolo e quindi ho raddoppiato il tutto).
8. La variabile **EM1** (ho contato per arrivare al risultato finale) implica la variabile **BM4** (ho contato gli oggetti).
9. La variabile **EM5** (ho ricopiato la sequenza per arrivare al risultato finale) implica la variabile **DM3** (ho seguito la sequenza).
10. L'item **B1** (Continua tu! Questo esercizio richiede la capacità di tenere presenti le cellule algoritmiche e ripeterle ciclicamente, la dimensione da tenere presente è grande – piccolo) implica le variabili **EM1** (ho contato per arrivare al risultato finale) e **CM5** ho contato all'indietro saltando un numero e scrivendo l'altro).
11. L'item **B4** (Continua tu! Questo esercizio richiede la capacità di tenere presenti le cellule algoritmiche e ripeterle ciclicamente, la dimensione da tenere presente è lungo – corto) implica la variabile **BM2** (ho continuato l'ordine e ripetuto le sequenze dei disegni).
12. La variabile **AM1** (ho contato gli oggetti e ho messo il risultato) implica la variabile **CM5** (ho contato all'indietro saltando un numero e scrivendo l'altro).
13. L'item **C1** (scrivi il numero che ti fa passare da un numero a quello seguente) implica la variabile **CM4** (ho utilizzato l'operatore -2 che mi fa arrivare a 0).

Capitolo quarto Conclusioni

4.1 Considerazioni Conclusive

Dall'analisi dei dati sperimentali si evidenzia che quasi tutti gli alunni, il 98% circa, sono riusciti a rispondere correttamente al primo item (A1 e A2) che richiedeva la capacità di trasposizioni strutturo – ritmiche. Sappiamo, infatti, che le strutture ed i ritmi sono trasponibili facilmente da un piano all'altro.

Questo esercizio dimostra la capacità del bambino di astrarre dati simbolici partendo da attività vissute e viceversa.

Questi processi di codificazione e decodificazione sono alla base delle genesi rappresentative fondando i cardini degli apprendimenti strumentali (leggere – scrivere – far di conto).

Infatti, nel corso del suo iter scolastico, il bambino dovrà spesso ordinarsi a codificare e decodificare; la scrittura è una forma di codificazione dei contenuti di pensiero in termini grafici; la lettura è una decodificazione che dal grafema risale al significato astratto dei termini; alla stessa maniera, la conquista del concetto numerico muove dalla capacità di codificazione (assegnare un simbolo ad una certa quantità di oggetti ad esempio =3) e di decodificare (il processo inverso: cioè partire dal simbolo e riportarsi alla quantità concrete ad esempio $3 = \text{img alt="three telephone icons" data-bbox="624 526 711 543"}$).

La seconda serie di item (B1, B2, B3, B4, B5) è stato risolto correttamente dalla maggior parte degli alunni, particolare difficoltà è stata evidenziata nell'item B2 dove la cellula algoritmica da ripetere ciclicamente è quella cromatica. La tendenza era quella di ripetere più volte lo stesso colore iniziale.

Questo dimostra una certa difficoltà a comprendere le caratteristiche precipue della struttura o del contenuto ritmico che si vuole riprodurre.

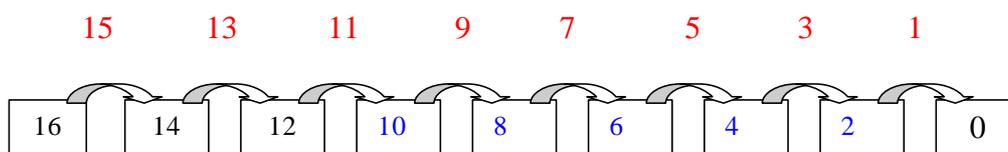
In questa fase è importante privilegiare l'esplorazione spontanea del bambino, purché questa risulti relazionata al contenuto strutturo – ritmico da apprendere.

È bene che in questi casi l'insegnante arricchisca l'attività spontanea del bambino con proposte ludiche che allargheranno il campo educativo, invitando il bambino a non fissarsi su piani stereotipi, in modo tale che l'alunno abbia un chiaro concetto del contenuto strutturo – ritmico da apprendere, unitamente al possesso di alcune possibilità di svolgimento del medesimo sul piano pratico.

All'item C hanno risposto correttamente il 40% degli alunni, nonostante l'esercizio non richiedesse particolari requisiti. L'errore più frequente è

stato nella scrittura del comando (-2), la tendenza, infatti, era quella di scrivere il numero precedente al primo e seguente al secondo.

Questo dimostra che gli alunni hanno compreso che scopo dell'item era di arrivare a 0 ma non hanno capito, o non sono riusciti ad eseguire l'esercizio secondo la consegna. Il fine dell'esercizio era quello di verificare la capacità dell'alunno operando con i numeri, la maggior parte degli alunni, però, anche se non ha eseguito la consegna è riuscita a raggiungere lo scopo operando un'altra sequenza ritmica:



Questo dimostra, secondo un'altra variabile, le capacità ritmiche degli allievi operando con i numeri.

Alla serie di item D hanno risposto correttamente a D1 l'80% circa degli alunni e a D2 il 63% circa degli alunni. Una percentuale a mio parere abbastanza alta considerate le difficoltà che hanno dichiarato i bambini durante la presentazione dell'esercizio.

Questo item richiedeva particolari capacità dell'alunno di inserire il cardinale secondo l'approccio ricorsivo.

Questo è stato uno degli item a cui ogni alunno si è maggiormente soffermato a riflettere, di certo molte strategie utilizzate non sono state corrette, ma dimostrano una certa capacità di ragionamento. In generale è stata dimostrata la capacità di mantenere sul piano cosciente una serie ordinata di elementi numerici e che quindi la cardinalità numerica è stata appresa.

Infine, nell'ultima serie di item E hanno risposto correttamente a E1 il 46% circa degli alunni e ad E2 il 47% circa.

Questo esercizio richiedeva la capacità di ripetere in forma ciclica una struttura e quindi riprodurre un ritmo sia dal punto di vista grafico che numerico.

Come abbiamo già detto la struttura è una relazione spazio – temporale che collega in un determinato modo insieme di oggetti, battute, azioni e pensieri tra di loro.

L'esercizio si doveva collegare ad una simbolizzazione grafico – visiva (la pallina) con i numeri, quindi l'unione di due diverse strutture che ripetute ciclicamente diventavano ritmo.

Questo tipo di esercizio può essere utilizzato in classe per l'educazione

musicale, infatti, la struttura così presentata può essere riprodotta come struttura sonora utilizzando ad esempio uno strumento a percussione o semplicemente la battuta delle mani, memorizzando che il cerchietto grande vale due battute, mentre il cerchietto piccolo una sola battuta, queste strutture man mano possono diventare sempre più complesse, si possono inserire le pause, possono essere eseguite in polifonia da più orchestre ritmiche.

Scopo della mia tesi è quello di capire quali sono le correlazioni tra il ritmo e la matematica; e lo studio della matematica secondo una prospettiva diversa rispetto al solito apprendimento scolastico.

Con il mio lavoro di ricerca ho voluto mettere in evidenza i legami tra le due discipline e sperimentare un aspetto; quello dell'apprendimento dei numeri naturali nella prospettiva dell'educazione strutturo – ritmica.

Questo è stato un argomento abbastanza complesso da trattare poiché la bibliografia esistente, relativa a questo specifico aspetto dello studio dell'educazione, non è molto ricca.

Mediante la sperimentazione in classe, come già è stato evidenziato, ho avuto la possibilità di rilevare che l'apprendimento dell'educazione strutturo - ritmica è uno strumento educativo di notevole interesse per orientare la strutturazione del suo pensiero e favorisce nel bambino l'apprendimento dei prerequisiti che sono alla base del concetto numerico.

In ogni proposta strutturo – ritmica ci sono inferenze di corrispondenza biunivoca, classificazione, ordinalità e cardinalità, in questo modo il bambino vive e sente concretamente ciò che fa, avendo maggiori possibilità di interiorizzazione.

Le attività ritmiche fatte durante le ore di educazione musicale diventano un prerequisito fondamentale per l'apprendimento della matematica, e allo stesso modo lo studio della matematica e di tutti i suoi principi diventano prerequisiti essenziali per l'educazione musicale.

PROBLEMI APERTI

- Dopo aver verificato il legame tra musica e matematica, bisognerebbe verificare cosa fa' la scuola per creare un ambiente adatto ad operare in questo senso.
- Abbiamo verificato il legame tra la musica e la matematica, ma qual è la consapevolezza da parte degli alunni?
- Quali metodologie sono adatte per un apprendimento della matematica senza automatismi e rendendola più “divertente”, creativa e stimolante per gli alunni?

- Matematica, musica educazione strutturo-ritmica, come vivono gli insegnanti una nuova prospettiva di studio della matematica abbinata all'educazione musicale? Considerazioni, interventi, riflessioni.
- Cosa si fa' a scuola per operare l'interdisciplinarietà delle materie?

BIBLIOGRAFIA

- **Babbitt M.** (1960), "Twelve-Tone Invariants as Compositional Determinants", *The Musical Quarterly* 46, No.2.
- **Babbitt M.** (1961), "Set Structure as a Compositional Determinants", *Journal of Music Theory* 5, No.1.
- **Bach J. S.**(1952), *Musikalisches Opfer Londra*, Ed. Bosey & Hawkes.
- **Barthes**, *Elementi di semiologia*, Ed. Einaudi
- **Basso A.** (1985), *L'età di Bach e di Haendel*, Storia Della Musica a cura della Società Italiana di Musicologia Torino, E.D.T.
- **Calabrese L.** (1974), *L'apprendimento motorio fra i 5 e i 10 anni*, Roma, Amando Armando.
- **Carner M.** (1983), *Alban Berg: The Man and Work*, Holmes and Meier Pub.
- **Cazzago P.** (1984), *Psicomotricità e spazio – tempo, strutture e ritmi*, Brescia, Editrice la Scuola.
- **Chailley J.**(1982), *Nombres et symboles dans le langage de la musique*, Firmin-Didot, Paris.
- **Coxeter, Harold Scott Macdonald** (1961), *Introduction to geometry*, London, John Wiley.
- **D'Amico A.**(2002), *Lettura scrittura calcolo, processi cognitivi e disturbi dell'apprendimento*, Modica, Edizioni Carlo amore.
- **Emmer M.** (1998), *Matematica e Cultura*, Milano, Adelphi, 1994 Atti del Convegno di Venezia, 1997, Milano, Springer.
- **Forte A.**(1983), *The structure of Atonal Music*, Yale University Press.
- **Franchi G.** (1990), *La matematica nella scuola elementare*, Brescia, La Scuola.
- **Furinghetti F.** (1990), *Matematica oggi, dalle idee alla scuola*, Mondadori, Genova.
- **Furtwängler W.**, *Dialoghi sulla Musica*, Ed. Curci, Milano
- **Furtwängler W.**, *Scritti sulla Musica*, E. Ansermet, Ed. Curci, Milano
- **Garzantina della Musica** (1999), Ed. Garzanti, Genova,
- **Giamblico** (1991), *Vita di Pitagora* (Bur classici greci e latini), Rizzoli.
- **Grattan-Guinness** (1996), *Mozart 18, Beethoven 32: Hidden Shadows of Integers in Classical Music*, History of Mathematics: States of the Art, Accademic Press.
- **Hofstadter Douglas R.** (1994), *Godel, Escher, Bach: un' Eterna Ghirlanda Brillante*, Milano, Adelphi.
- **Iannis Xenakis** (1985), *Musica – Architettura*, Milano, Spirali Edizioni.
- **"I Programmi Didattici per la Scuola Primaria"** (1985), in *M.P.I., Decreto de presidente della Repubblica 12 febbraio 1985 n°104 pubblicato nel supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n°76 del 29 marzo 1985, Roma, Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, 29-42*
- **Karolyi Otto** (1969), *La grammatica della musica*, Torino, Einaudi.
- LA NUOVA ENCICLOPEDIA DELLA MUSICA GARZANTI, Milano, Garzanti Editore, 1993
- **Lostia M.**, *Musica e Psicologia*, Ed. Franco Angeli
- **Messiaen O.** (1944), *Technique de mon langage musical*, Alphonse Leduc, Paris.
- **Messiaen O.**, *Traité de rythme, de couleur et d'ornithologie*, 7 tomi, Alphonse Leduc, Paris.

- **Mogon S.** (1985), *Obiettivo scuola idee ed itinerari didattici, classe prima*. Parte Prima, Bergamo, Istituto italiano Edizioni Atlas.
- **Mogon S.**(1985), *Obiettivo scuola idee ed itinerari didattici, classe prima*. Parte Seconda, Bergamo, Istituto italiano Edizioni Atlas.
- **Nattiez, Il Discorso Musicale**, Ed. Einaudi
- **Nattiez, Musicologia Generale e Semiologica**, Ed. EDT
- **Odifreddi P.**, La Stampa, giovedì 7 maggio 1998, La matematica dell'armonia.
- **Petter G.** (2002), *La mente efficiente, le condizioni che ostacolano o favoriscono l'attività del pensiero*, Prato, Giunti.
- **Rameau J. Ph.**(1967), *Complete Theoretical writings*, ed R. Jacobi, facsimile delle edizioni originali, the American Institute of Musicology.
- **Romano A.**, *Musica e Psiche*, Ed. Bollati-Boringhieri
- **Rossi L.** (1977), *Teoria Musicale*, Bergamo, Edizioni Carrara.
- **Samuel C.** (1990), *Permanences d'Olivier O Messiaen (Dialogues et commentaires)*, Actes Sud.
- **Spagnolo F.** (1998), *Insegnare le matematiche nella scuola secondaria*, Firenze, La Nuova Italia .
- UTET – Dizionario Enciclopedico (voce: Linguaggio)
- **Van Houten K. and Kasbergen M.** (1985), *Bach en het getal. Een onderzoek naar de getallensymboliek en de Esoterische Achtergronden hiervan in het werk van Johann Sebastian Bach*. Zutphen.

SITOGRAFIA

- **Musical Generator** - Software shareware di sintesi sonora da frattali
<http://www.musoft-builders/links/amg.shtml>
- **Fractint Software** - Software freeware di generazione di frattali
<http://spanky.triumf.ca/www/fractint/fractint.html>
- **Music by Numbers** - software di generazione musicale auto-similare
<http://www.forwiss.uni-erlangen.de/~kinderma/musinum/musinum.html>
- **Fractal Music Lab** Laboratorio di Musica Frattale
<http://members.aol.com/strohbeen/fml.html>
- **The Well Tempered Fractal** software di composizione musicale frattale
<http://www-ks.rus.uni-stuttgart.de/people/schulz/fmusic/wtf>
- **The Fractal Microscope** Microscopio Frattale
<http://storm.shodor.org/mandy>
- **Test Fractal Generator**
<http://www.pangloss.com/seidel/Frac/>
- **Colloquium di Matematica**
<http://riemann.unica.it/attivita/colloquium/>
<http://riemann.unica.it/attivita/colloquium/cadeddu/musicamatematica/>
<http://riemann.unica.it/attivita/colloquium/cadeddu/musicamatematica/index1.html>
- www.intelligenzartificiale.com/_archivio/la%20vita%20artificiale.htm –
- <http://lgxserver.uniba.it/lei/filmusica/fmintro.htm> –
- <http://mathsun1.univ.trieste.it/divulgazione/resocontoMetamorfofi.html> –
- www.risma.unina.it/conc2.htm –
- www.risma.unina.it/mia4.html -

- <http://matematica.uni-bocconi.it/odifreddi/glass.htm> –
- www.einaudi.it/einaudi/ita/news/can4/87-170.jsp
- <http://www.ce.unipr.it/people/braffi/fondinfo/Excel/intro.html>
- <http://dipmat.math.unipa.it/>
- www.archinfo.it
- www.muspe.unibo.it
- www.antonelladimartino.it
- www.extramuseum.it
- www.mat.uniroma3.it
- Ettore Carta: www.riemann.unica.it