

FORMAZIONE INSEGNANTI E SPERIMENTAZIONE DI PERCORSI SCIENTIFICI NELLA SCUOLA PRIMARIA

Cristina Mariani

Istituto Comprensivo di Tione, Trento

E-mail: cristina.sorgente@gmail.com

1. Introduzione

La ricerca documenta e analizza la predisposizione di un frame work teorico e metodologico-didattico innovativi per la costruzione del concetto di energia nella scuola primaria (Mariani 2013).

Sulla base del quadro teorico e metodologico-didattico sono stati realizzati dei materiali didattici, che sono stati sperimentati all'interno del progetto Piccoli Scienziati in Laboratorio.

La letteratura indica che le trasposizioni didattiche per l'insegnamento/apprendimento del concetto di energia producono numerosi misconcetti negli alunni, e che gli stessi sono sovente presenti anche negli insegnanti. Nella mia ricerca l'insegnamento delle scienze per i bambini della scuola primaria e la formazione per gli insegnanti può essere vista come una sfida unica. Entrambi gli insegnamenti hanno a che fare col modo con cui la mente si avvicina all'interpretazione della natura, affinché non sia un esercizio arido e frustrante. La proposta di un percorso verticale, invece che un singolo modulo didattico, è stata una condizione che ho ritenuto necessaria per proporre nella scuola del materiale innovativo che, richiedendo per la sua adesione un cambiamento concettuale dell'insegnante, non poteva indirizzarsi a singole conoscenze isolate. In tre anni è stato creato un tracciato pilota, coerente al frame work teorico e metodologico messo a punto attraverso la ricerca stessa, che è stato vagliato nella scuola attraverso formazione iniziale e in itinere degli insegnanti e sperimentazione nelle classi. Lo scopo finale della ricerca, attraverso lo studio di caso, è di valutare la fattibilità di un percorso di formazione insegnanti e di un percorso didattico costruito secondo il framework metodologico e teorico messo a punto nei tre anni di ricerca. Il lavoro è stato attuato attraverso una Ricerca Basata sulla Progettazione, Design Based Research (DBR).

Dal punto di vista disciplinare il percorso didattico pilota messo a punto è finalizzato alla costruzione del concetto di energia. Si è selezionato questo concetto perché: è trasversale alle scienze; è percepito come importante da studenti, bambini e genitori; necessita di alcuni prerequisiti e ciò garantisce lo sviluppo di un progetto verticale articolato; è insegnato in modo ubiquitario nella scuola primaria italiana; è uno dei temi a tutt'oggi più dibattuti e discussi all'interno del mondo della ricerca didattica delle scienze e della fisica in particolare.

2. Metodologia della ricerca

La ricerca si connota come Design-based Research (Brown 1992, Collins 1992; Pellerey 2005).

Il punto di partenza che viene assunto per l'elaborazione di un progetto da validare attraverso la sua applicazione pratica si ispira a una epistemologia che tiene conto del ruolo dei contesti culturali e sociali nella costruzione della conoscenza, in cui è evidente il ruolo dei ricercatori nell'elaborazione degli impianti progettuali, anche se si insiste spesso sull'apporto degli insegnanti e in genere degli operatori educativi. La componente riflessiva e critica è pervasiva lungo tutto il processo: nel momento progettuale iniziale, in quanto occorre valutare e valorizzare studi ed esperienze pratiche precedentemente realizzati, nel momento attuativo, perché occorre seguire da vicino l'andamento della realizzazione del progetto, e infine al termine, per verificarne gli esiti e trarne indicazioni nel caso di una nuova elaborazione teorica o sul piano di una corroborazione dell'impianto teorico da cui si era partiti.

Dal punto di vista della metodologia, la ricerca è organizzata in tre fasi (Figura1):

- I) La fase di progettazione a priori (2010) è stata necessaria per fondare il progetto su basi teoriche ed evitare improvvisazioni. E' stata affiancata da una fase di validazione che, vista la complessità, ha richiesto di essere articolata in più momenti. Questa prima validazione è stata finalizzata alla predisposizione della versione "beta" del curriculum.
- II) La seconda fase (2010-2011) di valutazione empirica con gli insegnanti, articolata in formazione, tutoraggio e sperimentazione, ha permesso l'evidenziazione di alcuni elementi di criticità, l'adattamento alla complessità reale, la revisione dei frame works.

III) La terza e ultima fase (2011-2012) di valutazione ha previsto una seconda sperimentazione con nuova formazione di un gruppo limitato d'insegnanti. Lo studio di un case-study ha permesso la valutazione della "variazione" che dimostra di aver ottenuto l'insegnante e degli effetti sugli studenti (in senso incrementale). Le domande di ricerca (QR) puntuali su aspetti peculiari del framework teorico e metodologico, sono state applicate alla sperimentazione del case study. Le risposte hanno permesso di avere un feedback sull'intera impalcatura.

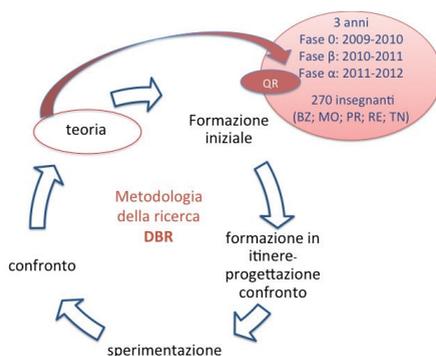


Figura 1. L'impianto metodologico

3. Framework teorico

Dopo una prima fase di iniziale strutturazione teorica che ha avuto come riferimento il Karlsruhe Physikkurs (Herrmann, F.1995) per la costruzione del concetto di energia e il Continuum Physics Paradigm (Fuchs H. U.,1997) per i concetti elementari, la ricerca, alla luce dei risultati acquisiti con due anni di formazione iniziale, in itinere, sperimentazioni, coinvolgendo complessivamente 270 insegnanti, ha messo a punto un framwork teorico che tende a valorizzare i modi di ragionamento spontanei dei bambini che, fatti evolvere e differenziati permettono l'identificazione delle variabili rilevanti, garantendo un continuum tra linguaggio naturale e paradigmatico, tra ragionamento spontaneo e ragionamento scientifico.

Dagli anni '80 la Physics Education Research ha condotto alla identificazione delle misconcezioni e dei nodi concettuali. Ciò ha avuto ricaduta sulla pratica scolastica solo parziale e uno scarso progresso nell'apprendimento. Si è inoltre accertato che i "preconcetti" sono

collocati in profondità, resistono ai cambiamenti e non sono isolati. Nel decennio successivo si è verificata l'evoluzione della ricerca stessa verso approcci costruttivista enfatizzando la necessità di raffinare e riorganizzare la conoscenza dell'alunno piuttosto che di sostituirla; i concetti iniziali degli alunni come una risorsa per la crescita cognitiva all'interno di un complesso sistema di conoscenza. Il termine "risorsa" usato da Smith di Sessa e Roschelle (1993) designa "ogni aspetto dello stato cognitivo dello studente che può servire in modo significativo come input per il processo di crescita concettuale". Ipotesi stimolo alla ricerca è stata quella di caratterizzare la conoscenza "precedente", la "risorsa" su cui ancorare la costruzione dei concetti scientifici.

3.1 *L'approccio metaforico e le Force Dynamic Gestalt*

Il punto di partenza per la costruzione del framework teorico è consistito nei seguenti punti, che:

- l'educazione scientifica dei bambini possa essere costruita a partire dalle strutture primordiali universali (image schemas) che sono alla base sia del pensiero scientifico che del ragionamento quotidiano;
- gli image schemas sottostanti alla costruzione dei concetti scientifici possono essere sviluppati didatticamente in chiave metaforica. Si sostiene l'uso, per la scuola primaria, di un linguaggio metaforico per stimolare l'immaginazione e lo sviluppo del pensiero ipotetico, senza introdurre forzatamente quello formale, che deve essere invece un punto di arrivo.

Lakoff e Johnson (Lakoff e Johnson 1980; Johnson, 1987) mostrano come la metafora, ben lontano dall'essere soltanto una figura retorica sia soprattutto una forma di pensiero, uno strumento cognitivo che ci permette di categorizzare le nostre esperienze. Gli autori hanno evidenziato che il nostro sistema concettuale, in base al quale pensiamo e agiamo, è essenzialmente metaforico, cioè che la maggior parte dei concetti è parzialmente strutturato in termini di altri concetti. La comprensione di una metafora richiede dunque una risposta creativa da parte di un ascoltatore o di un lettore competente. Potremmo dire che la "decodificazione" della metafora è un atto creativo, euristico, un ragionamento di tipo inferenziale reso possibile dal fatto che le implicazioni apportate dal termine secondario sono usate come filtro di selezione ed interpretazione. Il ruolo della metafora è allora quello di contribuire a "plasmare" la realtà,

poiché struttura la nostra esperienza secondo dagli schemi percettivi e dalle categorie concettuali, che le danno ordine e coerenza, e che variano, in parte, da cultura a cultura. L'approccio di Jhonsonne Lakoff è complementare a quello di Glucksberg e Keysar (S. Glucksberg e B. Keysar, 1990) la cui teoria si concentra sulla metafora come fenomeno inscindibilmente concettuale e linguistico, in grado di definire un certo gruppo di oggetti o eventi quali membri di nuove categorie.

Da punto di vista della ricerca si è reso necessario:

- Identificare degli elementi del pensiero spontaneo che possano servire per la costruzione del significato scientifico di energia (astratto; bilancio).
- Proporre un supporto metodologico per l'insegnante che stimoli e coinvolga il bambino e dia sicurezza all'insegnante.
- Costruire dei percorsi curricolari che favoriscano la costruzione di significati scientifici.

L'applicazione della linguistica cognitiva alla fisica ha permesso di identificare alcuni image schema che sono utilizzati per concettualizzare e interpretare i processi fisici. Fuchs si riferisce a queste strutture schematiche e metaforiche come a strutture mentali astratte, formate precocemente dell'esperienza della vita quotidiana, con cui interpretiamo i fenomeni fisici e le definisce Force Dynamic Gestalt (FDG) (Fuchs, 2007; 2009).

La FDG è una struttura figurativa che comprende gli aspetti di intensità, quantità e forza/potere. Questi tre aspetti sono quelli che ci permettono di "afferrare" un processo, di razionalizzarlo nel senso di cogliere una corrispondenza con la nostra struttura mentale.

Quantità, intensità, influenza-potere sono modelli interpretativi che si usano in tutti i campi di esperienza quotidiana e che sono alla base del pensiero scientifico.

- La *G-quantità* fa percepire i fenomeni come caratterizzati da *sostanze (fluide)* che si trasferiscono, diviene l'immagine figurativa che usiamo in senso metaforico per interpretare ad esempio grandezze estensive come il volume dell'acqua, la quantità di carica elettrica, il calore, la quantità di sostanza chimica, la quantità di moto e il momento angolare in meccanica.
- La *G-qualità* fa qualificare queste sostanze come caratterizzate da una certa *intensità (image schema di verticalità)*. Pressione, Potenziale elettrico, Temperatura, Velocità sono le grandezze intensive, le

qualità (immagine della verticalità) che nelle loro differenze (differenze di potenziale) causa il flusso della grandezza estensiva

- La *G-influenza-potere* si riferisce a situazioni di *interazione*. Lo schema "ingenuo" di forza/potere, che è la prospettiva del bambino, valido come punto di partenza, è stato sviluppato in questa ricerca di tesi per arrivare a quello di causa-effetto e infine di bilancio per stabilire la proporzione tra le cadute e le salite dei potenziali nell'interazione.

3.2 Dalle Force Dynamic Gestalt alla costruzione del concetto di energia per la scuola primaria

"C'è un fatto, o se preferisci una legge, che governa tutti i fenomeni naturali. [...] La legge è chiamata di conservazione dell'energia. Afferma che c'è una certa quantità, che chiamiamo energia, che non cambia nelle molteplici modifiche che la natura subisce. E' un concetto astratto, poiché si tratta di un principio matematico; esso afferma che esiste una quantità numerica che non cambia qualsiasi cosa accada. Non è la descrizione di un meccanismo o di un fenomeno concreto, è soltanto il fatto di poter calcolare un numero e dopo aver osservato i mutamenti capricciosi della natura, ricalcolarlo per ottenere sempre lo stesso risultato. [...] Si tratta di un'astrazione in quanto non c'insegna il meccanismo o i motivi delle varie formule" (Feynman, et al., 1963). Da questi passaggi emerge chiaramente che l'energia è un concetto astratto. Numerose ricerche invece dimostrano e confermano che l'energia è concettualizzata come:

- associata solo agli esseri viventi;
- un agente causale, cioè un oggetto che può essere immagazzinato e che serve per qualsiasi attività;
- un qualcosa, un "ingrediente" che può essere rilasciato e attivato in alcuni momenti particolari (masticando del cibo, spingendo un libro giù dal tavolo);
- attività, movimento in sé e per sé, non la sua causa di altro;
- un prodotto, l'effetto di un processo;
- la generalizzazione del combustibile, che permette alle cose di funzionare;
- una specie di entità che può essere trasportata, immagazzinata, spostata, ceduta.

Inoltre gli approcci didattici più diffusi nella scuola primaria sembrano rafforzare la misconcezione che l'energia sia un ente materiale:

- 1) l'approccio delle "trasformazioni", in cui l'energia assume differenti "forme": il lavoro, l'energia chimica, il calore, l'energia luminosa, l'energia eolica, ... L'energia è "qualcosa" che può trasformarsi o mutarsi

da una forma all'altra: diciamo ad esempio che "l'energia luminosa del Sole è trasformata in *energia chimica della foglia*", o che "l'energia chimica di una batteria è trasformata (o si trasforma) in *energia elettrica*".

- 2) l'approccio del "trasferimento". Si dice ad esempio: "l'energia *della (nella)* batteria è trasferita *alla* lampadina"; "l'energia è trasferita *dal* cibo *ai* muscoli". L'energia è concettualizzata come un *unicum* che si trasferisce da un portatore a un altro (le sostanze chimiche, l'elettricità, la quantità di moto, l'entropia ...) quando avvengono delle interazioni.

Il framework teorico di questa ricerca costruito a partire dalle FDG propone che la relazione causa-effetto tra fenomeni, se analizzata adeguatamente, permette di cogliere una relazione di proporzionalità tra differenze di potenziale e rispettive quantità di grandezze estensive. Su tale base è possibile costruire in seguito l'idea di bilancio e il concetto scientifico di energia (Mariani 2012).

Un modo per rappresentare il "minimo" modulo necessario per interpretare un accoppiamento di processi è rappresentato in Figura 2. Quando una grandezza estensiva subisce una caduta di potenziale vi è sempre la possibilità che una seconda grandezza estensiva venga elevata a un valore più alto del rispettivo potenziale. Le due frecce gialle rappresentano il bilancio energetico nel processo.

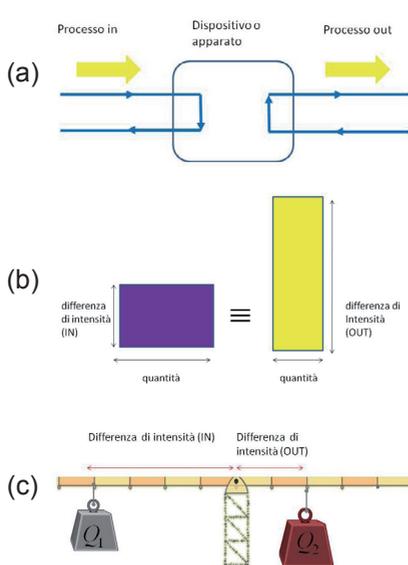


Figura 2. Rappresentazione del "minimo" modulo necessario per interpretare un accoppiamento di processi (a); modello di equivalenza geometrica (b) e di bilancia a bracci (c) per rappresentare il principio di conservazione dell'energia tra due processi in successione.

L'apprendimento delle proprietà dell'energia può essere programmato attraverso lo studio di tre modelli: accoppiamento, catene e modulazione. Attraverso l'accoppiamento che può essere rappresentato in diversi modi (modello modulare, di equivalenza geometrica o di bilancia a due bracci,... o altro), il concetto di energia è sviluppato attraverso l'identificazione dell'associazione tra caduta e innalzamento dei vari potenziali (intensità) e il flusso di grandezze estensive (quantità) coinvolte nel processo di interazione considerato. Inoltre il bilancio dell'energia tra sistemi interagenti deve tener conto della possibilità che essa si accumuli e del fattore temporale (modulazione) poiché i due processi, seppur accoppiati, potrebbero avere "ritmi" diversi. Infine i processi accoppiati ad un dispositivo o a un apparato sono come dei singoli anelli che possono essere collegati in catena. Una catena può essere identificata se si osservano più processi collegati oppure se si studia un singolo modulo in modo più approfondito. In ogni caso l'energia è la misura della proporzione fra dispositivi collegati in sequenza e in rete.

4. Framework metodologico

Il framework metodologico che si innesta su quanto tracciato dallo psicologo russo Vygotsky è stato messo a punto in ambito didattico per la matematica da M. Bartolini Bussi e M. A. Mariotti [2008] e ora rielaborato anche per l'ambito scientifico [Bartolini Bussi et al 2012]. Nella tradizione Vygotskyana, per cui l'apprendimento scientifico non può essere separato dall'insegnamento, l'utilizzo didattico dell'artefatto, che può funzionare come strumento di mediazione semiotica, deve essere introdotto nella classe in modo adeguato e sotto la guida dell'insegnante, affinché insorgano e si sviluppino schemi di utilizzo e non sia usato solo per assolvere a un determinato compito, ma permetta di slittare verso il piano dei significati inconsci delle rappresentazioni. Nel progetto Pccoli scienziati, che ha supportato la ricerca, è dato rilievo al ruolo dell'insegnante coerentemente con la posizione del Rapporto Rocard che auspica la diffusione di metodi di Inquiry Based Science Education (IBSE). Il quadro di mediazione semiotica prevede una serie di elementi e reciproche relazioni: 1) un "pezzo" di Sapere, (i concetti fisici che sono fondamentali per il loro ruolo nella disciplina ed elementari in funzione della loro affinità con gli image schemata) che all'inizio è

noto solo dall'insegnante. Quantità, intensità e forza/potere devono essere riconosciuti, differenziati e correlati dal bambino con l'aiuto dell'insegnante; 2) l'artefatto concreto (l'apparato sperimentale), più o meno complesso con il quale si svolgono attività di laboratorio, predisposte per fornire attività pratico-manuali e opportunità di riflessione; 3) il contesto, fornito dalla storia-artefatto, che coinvolge i bambini e che ha un ruolo attivo nel coinvolgimento emotivo, nella stimolazione dell'immaginazione, nello sviluppo degli schemi di utilizzo dell'artefatto concreto: i bambini vengono aiutati tramite la storia stessa, sia ad "entrare" che a "uscire" da essa e a cambiare i piani di osservazione e di ragionamento, a trovare le parole per esprimersi; 4) il compito che permette di mediare tra l'artefatto e il Sapere: l'insegnante pone delle domanda, assegna dei compiti, proposti attraverso la storia, per iniziare a forzare l'emergere e l'appropriazione del Sapere da parte dei bambini; 5-6) i segni-artefatto prodotti dai bambini si riferiscono al contesto di utilizzo dell'artefatto, molto spesso in riferimento a una sola parte dell'artefatto o ad una azione compiuta con esso. L'artefatto incorpora il sapere in potenza che può essere veicolato dal compito, ma ciò che emerge, tuttavia è una conoscenza che richiede di essere ulteriormente costruita ed esplorata. L'attenzione agli aspetti linguistici si è resa indispensabile per: aiutare l'insegnante ad identificare le parole pivot; far evolvere le parole pivot verso i concetti elementari (quantità/grandezza estensiva,...); per valutare i progressi dei bambini. L'insegnante guida la discussione per permettere alle idee dei bambini verso una formalizzazione sempre maggiore, avendo lei presente il testo scientifico. Per maggiori dettagli si rimanda all'articolo Bartolini et al. 2012.

5. Materiali didattici e sperimentazioni

L'approccio metaforico derivato dalla linguistica cognitiva, gli aspetti di quantità, qualità e forza-potere delle Force Dynamic Gestalt (Fuchs, 2007, 2009), l'attenzione alla evoluzione linguistica guidata dall'insegnante mediante la discussione collettiva delle ipotesi connesse ad una serie di attività sperimentali, la messa a punto di due tipologie di domande per lo studio degli "artefatti" e due scale per la valutazione dell'evoluzione linguistica, sono alcuni degli aspetti caratterizzanti la ricerca. Sulla base dei frameworks sono stati costruiti dei materiali didattici che hanno come denominatore comune

delle storie di cui ne sono state individuate alcune caratteristiche salienti, finalizzate a stimolare adeguatamente il coinvolgimento emotivo e cognitivo del bambino. Con le "storie di Pico" è stato fatto lo sforzo di individuare gli aspetti che coinvolgono affettivamente e cognitivamente il bambino e integrarli con il metodo dell'indagine scientifica e il quadro di riferimento teorico e metodologico.

Nella storia trovano spazio gli esperimenti scientifici con gli artefatti concreti, le domande che guidano l'uso degli stessi, i testi individuali e le discussioni collettive guidate dall'insegnante per la costruzione di significati in riferimenti al quadro teorico, i testi finali prodotti dai bambini. L'introduzione di una storia in un percorso didattico di scienze deriva dalla considerazione che un apprendimento è efficace se il bambino è coinvolto sia sul piano affettivo che cognitivo e che nella scuola primaria è auspicabile un dialogo interdisciplinare tra le varie discipline. Le caratteristiche con cui sono state costruite le storie (Corni et al. 2010) sono su due livelli complementari: le prime cinque riguardano le valenze pedagogiche dal punto di vista del coinvolgimento affettivo o cognitivo; le altre cinque riguardano l'incorporazione di aspetti metodologici e didattici.

1. Ogni personaggio ha aspetti con cui i bambini possono facilmente identificarsi.
2. La storia consiste in una serie di situazioni problematiche che i personaggi devono affrontare e che catturano l'attenzione dei bambini e suscitano il loro coinvolgimento emotivo.
3. Le situazioni create dalle storie devono essere credibili, realistiche. Sebbene devono esserci elementi di fantasia per suscitare l'immaginazione dei bambini, l'attenzione e la curiosità, necessarie per garantire che possano entrare nel mondo immaginario, ma che possano anche uscirne con altrettanta facilità.
4. Il coinvolgimento attivo degli alunni nella risoluzione dei problemi è necessario affinché la storia possa progredire. Essi sono direttamente interpellati dai personaggi che esplicitamente li consultano, chiedono che cosa dovrebbe essere fatto e li invitano a fare gli esperimenti o a "restituire" quello che scoprono.
5. *La storia è dotata di senso estetico, armonia e ordine* (le immagini sono del disegnatore per bambini Arcadio Lobato);
6. Il tempo è scandito dagli eventi logici piuttosto che da semplici eventi narrativi.
7. Ci sono dei "gap" per lasciare spazio alla fantasia e alla riflessione

8. Ci sono interruzioni per le attività sperimentali.
9. Ci sono interruzioni per le discussioni guidate dagli insegnanti.
10. La storia è ritmo, sfruttando una serie di fasi narrative e di interruzioni. Le interruzioni, a sua volta, contengono una sequenza ricorsiva di attività derivate dal quadro metodologico-didattico

I percorsi didattici sono inoltre caratterizzati da due tipi di domande (Mariani et al 2012a; 2012b): *artefatto* e *embodied* per identificare le variabili per la costruzione del concetto di energia (“quantità di sostanza” e “qualità” e “differenza di qualità”, ovvero grandezze estensive e i rispettivi potenziali che diminuiscono e che aumentano).

Le domande “artefatto” invitano ad osservare ed investigare sia la struttura che il funzionamento dell’apparato sperimentale:

- esplorazione dell’oggetto (richiesta di descrizione);
- esplorazione dell’oggetto come strumento (artefatto + schemi d’uso);
- ricerca dei concetti scientifici incorporati e delle relazioni (applicazione degli schemi di utilizzo) (richiesta di perché lo fa, l’interpretazione delle osservazioni; predizioni a certe condizioni).

Le domande embodied risvegliano l’immaginazione, invitano il bambino ad immaginare di essere l’apparato e/o la grandezza estensiva con la sua qualità prima e dopo l’interazione.

I due tipi di domanda, oggetto delle QR, sono complementari per far emergere gli elementi necessari per descrivere e per interpretare la relazione causa-effetto e poterla far evolvere verso la costruzione del concetto di energia, coerentemente al framework teorico.

Sulla base della costruzione teorica e metodologica e delle considerazioni sopra esposte sono state costruite le storie di “*Pico al Lunapark: la storia del gelato; della vernice; della cioccolata*”; “*La storia: “Rupert e il sogno di una piscina”*” (di cui una parte in versione di cartone animato in collaborazione con lo studio Bozzetto); “*Gita in Montagna*”, la storia sperimentata per la fase finale della costruzione del concetto di energia.

6. Case study e domande di ricerca

La fase ultima di sperimentazione, a conclusione dei tre cicli di ricerca è consistita in 14 lezioni di due ore ciascuna in una classe quinta e una programmazione intermedia dopo 11 lezioni. La ricerca, per poter convalidare l’intero impianto teorico e metodologico ha messo in relazione:

- il materiale didattico utilizzato costruito sulla base del framework metodologico e teorico fornito all'insegnante (la storia, le schede, l'eventuale esperimento, le consegne,...);
- il tipo di attività (compilazione di schede individuali o in gruppo, esperimenti, discussioni collettive, attività embodied)
- le risposte più significative dei ragazzi rispetto al procedere verso l'identificazione delle variabili rilevanti, la modellizzazione, la decontestualizzazione
- il focus sull'insegnante

A livello macro le domande di ricerca sono state le seguenti:

RQ1: l'attività di laboratorio guidata da domande "artefatto" ed "embodied" coerenti al quadro teorico consente una riflessione atta all'identificazione delle variabili rilevanti necessarie per costruire il concetto di energia?

RQ2: l'identificazione di parole "pivot" fatte evolvere attraverso discussione collettiva favorisce la produzione di congetture e lo sviluppo di processi argomentativi sugli aspetti scientifici incorporati nel processo?

A livello micro, l'idea di fondo è quella di misurare in modo qualitativo la "variazione" che dimostra di aver ottenuto l'insegnante e gli effetti sugli studenti (in senso incrementale).

Per attuare la misurazione sull'insegnante si è pianificato di confrontare le differenze dell'insegnamento tra le prime lezioni e le ultime della sperimentazione 2012 e tra 2012-2011 rispetto:

- a) all'aspetto metodologico-disciplinare con la domanda di ricerca (RQ1a): *qual è il livello di autonomia nella conduzione della discussione collettiva?*
- b) all'aspetto didattico-disciplinare con la domanda di ricerca (RQ1b): *si osservano progressi nell'evoluzione dei modelli didattici coerentemente al framework teorico della ricerca?*

I parametri di osservazione per l'insegnante sono stati: grado di autonomia nella discussione collettiva; capacità di formulazione di task e domande; modellizzazione; produzione di analogie; pianificazione autonoma di lezioni coerenti al framework teorico e metodologico.

Per attuare la misurazione sull'allievo si è pianificato di confrontare le differenze di apprendimento degli alunni rispetto: alla capacità di identificare le variabili; alla capacità di decontestualizzazione. Le domande di ricerca per il focus sull'allievo sono state le seguenti (RQ2a): *Gli elementi che emergono dall'analisi dell'artefat-*

to (apparato, processo di laboratorio o fisiologico) grazie alle “domande artefatto ed embodied”, vengono utilizzati per interpretare il processo stesso, identificandone le variabili necessarie per la costruzione del concetto di energia secondo il framework teorico considerato? (RQ2b): gli allievi riescono ad attivare sequenze di ragionamento e di modellizzazione per giungere ad una decontestualizzazione?

I parametri di osservazione per gli alunni sono stati: identificazione variabili rilevanti; modellizzazione; argomentazione (formulazione di analogie); decontestualizzazione.

La fattibilità ed efficacia del framework teorico e metodologico, a conclusione del triennio viene misurato indirettamente attraverso:

- la programmazione, considerando la capacità di pianificazione della lezione, i ragionamenti dell'insegnante, la modellizzazione. In tale incontro l'insegnante ha dimostrato capacità di autoanalisi rispetto al suo operato dell'anno precedente e di aver decontestualizzato il modello energetico nato in ambito meccanico per interpretare processi complessi inerenti le interazioni del mondo degli organismi viventi;
- la sua capacità di condurre in aula la lezione da lei autonomamente costruita, che viene condotta secondo la modalità della discussione collettiva con gli alunni.
- La capacità di gestione della discussione è un altro indicatore sia del controllo del “sapere” in oggetto, oltre che dell'aspetto metodologico.
- la costruzione di significati da parte degli alunni.

Conclusioni e considerazioni finali

Per necessità di sintesi le conclusioni vengono direttamente elencate in riferimento alle specifiche domande di ricerca.

RQ1a: Qual è il livello di autonomia nella conduzione della discussione collettiva?

- La conduzione della discussione collettiva è avvenuta in modo molto graduale;
- si è osservato un aumento nel livello di autonomia ed efficacia nella gestione della discussione collettiva, che è stato parallelo all'assegnazione autonoma ed arbitraria di domande e compiti significativi e coerenti al framework teorico;
- è emersa un'evoluzione nel “task”, da richieste descrittive a richieste interpretative e di esplicita modellizzazione;

- nell'incontro di programmazione si sono osservate domande che la maestra pone a se stessa per guidare l'identificazione delle variabili e la modellizzazione. Sembrerebbe che attraverso l'accompagnamento dell'insegnante nei due anni precedenti, si sia attivata l'attenzione alla "domanda", fase preliminare per ogni indagine scientifica.

RQ1b: si osservano progressi nell'evoluzione dei modelli didattici coerentemente al frame work teorico della ricerca?

- Il cambiamento concettuale è progressivo e viene rilevato indirettamente nella trasformazione della modellizzazione. Inizialmente l'insegnante aveva rielaborato quanto appreso durante la formazione in un proprio modello "cosa entra-cosa esce".
- nelle ultime lezioni: la produzione di analogie da parte dell'insegnante è impiegata nella padronanza, piuttosto che nella iniziale acquisizione, di nuovi concetti.
- nelle ultime lezioni l'insegnante identifica in estemporanea parole pivot in un contesto per lei originale, guidando sulla base di esse, i ragionamenti dei ragazzi.

RQ2a: Gli elementi che emergono dall'analisi dell'"artefatto" (appurato, processo di laboratorio o fisiologico) grazie alle domande artefatto ed embodied, vengono utilizzati per interpretare il processo stesso, identificandone le variabili necessarie per la costruzione del concetto di energia secondo il frame work teorico considerato?

- I materiali sembrano quindi attestare una valenza didattica quando gestiti dall'insegnante. (I risultati confermano e incrementano i dati raccolti e analizzati in una precedente sperimentazione (fase beta) che era stata condotta dal ricercatore e non dall'insegnante (Mariani et al 2102b)
- l'uso della scheda 6 per il secondo esperimento con il palloncino e la macchinina, che non è stata costruita secondo la tipologia completa delle domande definite "artefatto" del frame work, ha permesso di evidenziare la necessità della casistica completa delle domande "artefatto", per guidare l'osservazione dei dettagli rilevanti al fine di formulare e orientare le ipotesi degli alunni rispetto agli obiettivi didattici specifici dell'attività.
- la costruzione di significati è strettamente legata anche alle interazioni tra le persone che si sviluppano durante l'esercizio di tali attività di gruppo ristretto e di gruppo classe durante la discussione collettiva.

RQ2b: gli allievi riescono ad attivare sequenze di ragionamento e di modellizzazione per giungere ad una decontestualizzazione?

- I risultati positivi si sono via via confermati con il susseguirsi delle lezioni. Per quanto riguarda la modellizzazione si è osservato un crescendo:
 - rispetto al numero di ragazzi che contribuiscono attivamente alla modellizzazione
 - rispetto alla qualità dei contributi: con la produzione di pertinenti analogie da parte di due alunni;
- Sequenze articolate di ragionamento si identificano, accompagnate da modellizzazione, in particolare nella X e XI lezione in cui, il gioco di ruolo del mimo;
- la decontestualizzazione è stata raggiunta solo attraverso attività sequenziali e ripetute di modellizzazione, prima guidata, poi autonoma.

Se da un lato l'identificazione delle variabili rilevanti è favorita dalle domande embodied ed artefatto, la costruzione dei significati, la modellizzazione e la decontestualizzazione sono stati raggiunti grazie alla guida dell'insegnante mediante la discussione collettiva. In riferimento al frame work teorico: le osservazioni dei bambini qualitative di bilancio (II lezione, considerando quantità e resistenze) e poi semi quantitative (identificando qualità alte e basse, dalla IV lezione e successive) che integrano la semplice relazione-causa effetto (I e II e III lezione) sono state utili per permettere loro di giungere in modo graduale, alla interpretazione di nuovi contesti.

I dati raccolti rispetto ai processi complessi (fotosintesi, respirazione cellulare nutrizione e l'interazione tra organismi nell'ambiente) non indicano un'effettiva costruzione concettuale dei bambini (che avrebbe richiesto ulteriori incontri di condivisione e consolidamento), ma mostrano la potenzialità e la fattibilità dell'uso dei modelli acquisiti, per rendere possibile un approccio interpretativo a tali argomenti, generalmente studiati solo in modo descrittivo o attraverso definizioni.

I risultati della tesi avvallano l'ipotesi di fondo di questa ricerca, e cioè che l'educazione scientifica dei bambini possa essere costruita a partire proprio da image schema, primordiali e universali, tra cui Force Dynamic Gestalt.

Gli image schema costituirebbero quindi delle "risorse" cognitive su cui costruire la conoscenza scientifica.

Per lo sviluppo di questa ricerca sono ipotizzabili nuove indagini mirate e costruite secondo i canoni di confrontabilità e replicabilità dei risultati e per attribuire le qualità dei risultati ottenuti alle singole qualità essenziali che caratterizzano l'intervento; migliorare e implementare il quadro teorico e metodologico.

- Quali possono essere le offerte formative efficaci? Con quali tempi? Con quali contenuti?
- Quali potrebbero essere i limiti di un approccio embodied per la costruzione di concetti astratti?
- Possiamo ancor meglio caratterizzare il ruolo dell'insegnante nel laboratorio di scienze? Quale percentuale dell'insegnamento /apprendimento si attua attraverso la guida dell'insegnante?
- Quali altre potenzialità può avere uno sviluppo di ricerca linguistica nell'ambito della didattica delle scienze?
- Quali sono, partendo dal framework teorico, i minimi percorsi necessari per coprire un intero curriculum di scienze della scuola primaria?

Bibliografia

- Bartolini Bussi, M.G., Corni, F., Mariani, C. & Falcade, R. (2012). "Semiotic Mediation in Mathematics and Physics Classrooms: Artifacts and Signs after a Vygotskian Approach". *Special Issue on Vygotsky, The Electronic Journal of Science Education* 16 (3), 1- 28.
- Brown, D. & Clement, J. (1992). "Classroom teaching experiments in mechanics". In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (eds.). *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel: Institute for Science Education at the University of Kiel, 380-397.
- Collins, A. (1992). "Toward a design science of education". In E. Scanlon & T. O'Shea (eds.), *New directions in educational technology*. New York: Springer-Verlag, 15-22.
- Corni, F., Giliberti, E. & Mariani, C. (2010). "A story as innovative medium for science education in primary school". In *GIREP-ICPE-MPTL International Conference 2010 Teaching and Learning Physics today: Challenges? Benefits?* August 22-27, 2010 Reims, France.
- Feynman, R.P., Leighton, R.B. & Sands, M. (1963). *The Feynman lectures on physics. Vol. 1*. Reading, MA: Addison-Wesley.

- Fuchs, H.U. (1997). *The Continuum Physics Paradigm in physics instruction I. Images and models of continuous change*. Zurich University of Applied Sciences at Winterthur. <<http://home.zhwin.ch/~fuh/LITERATURE/Literature.html>>.
- Fuchs, H.U. (2007). *From image schemas to dynamical models in fluids, electricity, heat, and motion. An essay on physic educational research*. Zurich University of applied sciences at Winterthur. <<http://home.zhwin.ch/~fuh/LITERATURE/Literature.html>>.
- Fuchs, H.U. (2009). *Figurative Structures of Thought in Science. An Evolutionary Cognitive Perspective on Science Learning*. Talk presented to the General Assembly of the Conférence des directeurs de gymnase de Suisse Romande et du Tessin. Mendrisio, September 18, 2009. Accessed online, December 2011. <<https://home.zhaw.ch/~fuh/LITERATURE/Literature.html>>.
- Glucksberg, S. & Keysar, B. (1990). "Understanding Metaphorical Comparisons". *Psychological Review* 97 (1), 3-18.
- Herrmann, F. (1995). *Der Karlsruher Physikkurs*. Köln: Aulis. <<http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/>>.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.
- Johnson, M. (1987). *The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason*. Chicago: Chicago University Press.
- Mariani, C. (2012). "Dalla FDG forza potere alla costruzione del concetto di energia". In F. Corni (a cura di), *La scienza alla portata dei bambini*, vol. 30 della collana Pedagogia. Brescia: Editrice La Scuola, 153-178. [ISBN 978-88-3361-5].
- Mariani, C., Corni, F. & Fuchs, H.U. (2012a). "A didactic approach to and curricular perspectives of the construction of the energy concept in primary school". In A. Lindell, A.-L. Kähkönen & J. Viiri (eds.), *Physics Alive. Proceedings of the GIREP-EPEC 2011 Conference*, Jyväskylä, 1-5 Agosto 2011. Jyväskylä: University of Jyväskylä, 248-253, [ISBN: 9789513948016].
- Mariani, C., Laurenti, E. & Corni, F. (2012b). "Hands-on, minds-on activities to construct the concept of energy in primary school: Experiments, games and group discussions". *Latin American Journal Of Physics Education*. In *International Conference on Physics Education*. Mexico City, 15-19/8/2011, vol. 6 suppl. 1, 105-111 [ISSN: 1870-9095].
- Mariani, C. (2013). *Costruzione curricolare del concetto di energia nella scuola primaria: frame work teorico, metodologico e sperimentazioni*. Università di Modena- Reggio. XXV ciclo. PhD thesis.

- Pellerey, M. (2005). "Verso una nuova metodologia di ricerca educativa: la Ricerca basata su progetti (Design-based Research)". *Orientamenti Pedagogici* 52 (5), 721-737.
- Smith, J., di Sessa, A. & Roschelle, J. (1993). "Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition", *J. Learning Sci.* 3 (2), 115-163.