

UFFICIO SCOLASTICO REGIONALE PER L'EMILIA-ROMAGNA  
IRRE EMILIA-ROMAGNA

# TECNOLOGIA

*Ricerca sul curricolo  
e innovazione didattica*

a cura di  
MARIA FAMIGLIETTI

*Contributi di:*

*Giovanna Alcaro, Nerino Arcangeli, Giuseppe Bazzocchi, Giuliano Cerè  
Luigi Catalano, Giancarlo Cerini, Anna Ciampolini  
Maria Famiglietti, Maurizio Garbati, Milla Lacchini, Marco Petrelli, Sandro Romiti  
Giovanni Paolo Serra, Elio Toppino, Cristina Zoffoli*

**tecnodid**  
EDITRICE

Il volume ‘Tecnologia’ è il risultato di un lavoro coordinato tra Ufficio Scolastico Regionale per l’Emilia-Romagna e IRRE Emilia-Romagna, nell’ambito del progetto “Gruppi di ricerca”. Il finanziamento è assicurato dall’USR E-R, nell’ambito dell’utilizzazione dei fondi 2004 per la formazione in servizio e dei fondi 2005 e 2006 della legge 440/97 per il sostegno all’autonomia scolastica.

Il Gruppo di ricerca è composto da:

Maria Famiglietti (Coordinatrice), Giovanna Alcaro, Giuseppe Bazzocchi, Giuliano Cerè, Anna Ciampolini, Antonio Franzica, Maurizio Garbati, Milla Lacchini, Marco Petrelli, Sandro Romiti, Giancarlo Sacchi, Giovanni Paolo Serra, Cristina Zoffoli.

La stesura dei testi è stata curata dagli autori indicati all’inizio di ciascun contributo.

Volume a cura di Maria Famiglietti

Coordinamento scientifico del progetto di ricerca: Giancarlo Cerini, Nerino Arcangeli  
Coordinamento redazionale, editing: Maria Teresa Bertani

Collana “Quaderni dei Gruppi di ricerca USR e IRRE Emilia-Romagna”  
Quaderno n. 5, giugno 2007

La riproduzione dei testi è consentita previa citazione della fonte.

Ufficio Scolastico Regionale per l’Emilia-Romagna Piazza XX Settembre, 1 - 40121 Bologna - Tel 051 4215711 E-mail: <a href="mailto:direzione-emiliaromagna@istruzione.it">direzione-emiliaromagna@istruzione.it</a> ; sito web: <a href="http://www.istruzioneer.it">www.istruzioneer.it</a> Direttore Generale: Luigi Catalano Ufficio V - Formazione, autonomia e iniziative editoriali Dirigente: Giancarlo Cerini
--

Codice ISBN: 978-88-86100-28-1

Stampa Tecnodid editrice, Napoli, giugno 2007

---

# Indice

---

<b>Presentazione della collana</b>	5
<i>Luigi Catalano</i>	

<b>Presentazione del gruppo di ricerca</b>	6
<i>Maria Famiglietti</i>	

## Parte I - Aspetti didattici ed epistemologici

<b>I modelli</b>	7
<i>Milla Lacchini</i>	

<b>Gli artefatti mediante rappresentazioni multiprospettiche</b>	22
<i>Elio Toppano</i>	

<b>Proposte didattiche nella formazione di base</b>	40
<i>Giovanna Alcaro</i>	

<b>Una proposta metodologica e curricolare nella società della conoscenza</b>	49
<i>Maria Famiglietti</i>	

<b>Robotica educativa</b>	69
<i>Maurizio Garbati</i>	

<b>Il tempo delle applicazioni tecniche</b>	80
<i>di Sandro Romiti</i>	

## Parte II - Aspetti operativi e strutturali

<b>Un possibile schema per l'insegnamento della cultura tecnologica nella scuola</b>	85
<i>Anna Ciampolini, Giovanni Paolo Serra</i>	
<b>Processo di apprendimento e apprendimenti significativi</b>	97
<i>Giuseppe Bazzone</i>	
<b>Percorso per modelli. Analisi di un'esperienza e riflessione sui dati</b>	104
<i>Giuliano Cerè</i>	
<b>Studio e rappresentazione di un artefatto tecnologico: il mouse</b>	113
<i>Marco Petrelli</i>	
<b>Esperienza di una classe terza della Scuola Primaria di Montaletto</b>	117
<i>Cristina Zoffoli</i>	

## Postfazione

<b>Un 'ponte' verso nuove indicazioni nazionali</b>	125
<i>Giancarlo Cerini, Nerino Arcangeli</i>	

# Presentazione della Collana

---

## UNA SCUOLA IN CAMMINO

---

*Luigi Catalano\**

*\*Direttore Generale dell'Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna*

Negli anni tra il 2004 e il 2006 si è sviluppata in Emilia-Romagna un'intensa attività di ricerca e formazione sui temi dell'innovazione nella scuola di base, promossa dall'Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna in partenariato con l'IRRE Emilia-Romagna.

L'azione di 'ricerca' (in riferimento ai nuovi ordinamenti del primo ciclo e alle innovazioni curriculari nella scuola dell'autonomia) ha previsto la costituzione di sedici gruppi di lavoro (10 su temi di carattere disciplinare, 6 di carattere pedagogico-organizzativo), formati da insegnanti delle scuole impegnate nell'innovazione, da rappresentanti delle associazioni professionali e disciplinari dei docenti, da ricercatori dell'IRRE e dell'Università, da dirigenti tecnici.

L'obiettivo dell'iniziativa era triplice: sviluppare una riflessione critica sui contenuti culturali proposti dall'Amministrazione, commisurare le innovazioni con le migliori pratiche diffuse nelle scuole, affrontare le questioni della valutazione.

I sedici volumi che documentano le attività svolte sono il frutto di collaborazioni scientifiche tra i centri di ricerca didattica e universitaria e le scuole. Il raccordo fra teoria e prassi è garantito in particolare dall'USR E-R e dall'IRRE E-R, con la collaborazione delle associazioni professionali.

I risultati della ricerca dimostrano che il confronto aperto degli attori della ricerca sulle tematiche pedagogiche e su quelle disciplinari rappresenta un momento indispensabile di partecipazione e riflessione critica allo sviluppo della scuola, in relazione ad un territorio fertile dal punto di vista culturale ed educativo come è quello dell'Emilia-Romagna.

La ricchezza delle pratiche innovative, le proposte sul curricolo e sulle costanti pedagogiche che sottendono i modelli didattici di una scuola di eccellenza acquistano un significato pregnante per la costruzione di un curricolo per le scuole dell'Emilia-Romagna, ma si propongono anche come idee, indicazioni e riflessioni utili per il contesto nazionale. Solo la pluralità delle migliori intelligenze potrà contribuire alla costruzione di una scuola aperta e flessibile, accogliente ed equa, in linea con gli orientamenti europei.

Sommessamente, è questo il messaggio positivo che vorremmo diffondere con la pubblicazione della collana dei quaderni di ricerca sul curricolo.

---

## PRESENTAZIONE DEL GRUPPO DI RICERCA

Maria Famiglietti\*

*\*Coordinatrice del Gruppo di ricerca 'Tecnologia'*

---

### Come abbiamo lavorato

Il gruppo di ricerca sulla Tecnologia si è riunito dal 2005 all'inizio del 2007 sempre presso la facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, con una cadenza mensile e con giornate di *full-immersion* nel mese di luglio del 2005.

La partecipazione è sempre stata costante e attiva. In una prima fase dei lavori i docenti di Tecnologia facenti parte del gruppo hanno esposto il loro punto di vista di operatori della scuola militante e hanno delineato i loro *modus operandi* nella pratica dell'insegnamento. La socializzazione di questi modelli didattici ha prodotto nel gruppo un'ampia discussione che ha condotto a una messa a punto, e in certi casi a una correzione di tiro, dei modelli stessi, sui quali si sono concordate delle attività didattiche da sperimentare nelle scuole di appartenenza. Queste esperienze sono state poi presentate al gruppo e socializzate e una scelta di queste costituisce la seconda parte del presente volume.

Parallelamente a questo lavoro, il gruppo ha individuato alcuni punti focali relativi alla Tecnologia come disciplina scientificamente fondata e alle prospettive dell'insegnamento tecnologico che hanno originato i contributi che costituiscono la prima parte del testo, in modo da fornire al lettore un lavoro che può essere utilizzato sia per l'approfondimento concettuale connesso alle problematiche che caratterizzano l'attuale assetto della Tecnologia, sia per una presa di contatto concreta con quanto nelle scuole si va sperimentando per rinnovare profondamente l'insegnamento e colmare il *gap* fra la didattica della disciplina e ciò che la tecnologia rappresenta nel mondo del lavoro e nella vita quotidiana di tutti noi.

# Parte I

## Aspetti didattici ed epistemologici

---

### I MODELLI

Milla Lacchini\*

---

\* Docente di Matematica - scuola secondaria di secondo grado, Lugo (Ra)

#### Definizione di modello

Il termine ‘modello’ in letteratura è utilizzato con significati fra loro molto diversi.

Al fine di pervenire ad una definizione sufficientemente esaustiva del concetto, analizziamo alcuni contesti particolari nei quali il termine modello viene utilizzato.

- Uno stilista che disegna il modello di un abito esprime attraverso un insieme di linee un’idea presente nella sua mente, costruisce una rappresentazione che non è ancora l’abito;
- un modello della crosta terrestre realizzato con della plastilina è una rappresentazione di qualcosa che invece esiste già in natura, costruita in un modo ritenuto funzionale per descrivere questo particolare aspetto della realtà;
- una carta geografica costituisce un modello di una porzione di territorio, nel senso che la riproduce graficamente secondo certe convenzioni;
- un modello di vita è la rappresentazione di un insieme di comportamenti assunti come riferimento.

Gli esempi evidenziano che in una *prima accezione* il termine ‘modello’ è usato per indicare la rappresentazione di una certa realtà, nella quale vengono evidenziate delle caratteristiche allo scopo di isolarle ed analizzarle.

In una *seconda accezione* invece, alla quale si fa riferimento nell’ambito della teoria delle basi di dati, il termine modello indica un insieme di strutture simboliche mediante le quali descrivere la rappresentazione di una certa realtà: in questo caso, quindi, il modello è il linguaggio di descrizione utilizzato per costruire una rappresentazione della realtà osservata chiamata schema, cioè l’insieme dei simboli e delle regole di costruzione e di descrizione, dotato quindi di una sintassi e di una semantica.

Ad esempio, il modello Entità-Relazione è un modello concettuale impiegato per

costruire una rappresentazione della realtà di interesse chiamata schema concettuale, formale e indipendente dagli aspetti relativi alla sua rappresentazione nella base di dati. Il modello relazionale è invece un formalismo utilizzato per la descrizione logica dei dati.

Questa accezione pone l'accento sulle strutture di classificazione e sui simboli utilizzati; in essa il modello si caratterizza per la sua ricchezza semantica.

Secondo questa definizione, la carta geografica è lo schema di rappresentazione, mentre il modello è costituito dall'insieme di simboli, regole e convenzioni utilizzate per disegnare la carta stessa.

Il termine modello è utilizzato anche in logica predicativa col significato di interpretazione semantica di un insieme di enunciati. Dato un insieme  $\Sigma$  di enunciati in un linguaggio  $L$ , si dice che una struttura (o interpretazione)  $M$  per  $L$  è un modello di  $\Sigma$ , e si scrive  $M \models \Sigma$ , se e solo se ogni enunciato  $A$  di  $\Sigma$  è soddisfatto in  $M$ . Ricordiamo che dato un linguaggio  $L$  del primo ordine, una struttura per  $L$  (o interpretazione di  $L$ ) è una coppia ordinata  $M = \langle M, {}^M \rangle$  dove  $M$  è un insieme non vuoto, detto dominio di  $M$ ,  ${}^M$  è una funzione che ad ogni simbolo di costante  $c$  associa un elemento  $c^M$  di  $M$ , ad ogni simbolo di funzione  $n$ -aria  $f$  associa una funzione  $f^M$  su  $M$  a  $n$  argomenti, e ad ogni simbolo predicativo  $n$ -ario  $P$  associa una relazione  $n$ -aria  $P^M$  su  $M$ .

Il modello è una rappresentazione di realtà comunque complesse, in maniera talvolta semplificata, talvolta fedele, che ha lo scopo di evidenziare alcuni aspetti significativi rispetto al contesto in cui opera.

Riassumendo quindi, il termine modello può essere utilizzato secondo diverse accezioni: come rappresentazione, come linguaggio, come interpretazione semantica.

Citiamo infine la definizione di modello secondo Minsky:

*“Dati due oggetti,  $M$  ed  $S$ , e un osservatore  $O$ , l'oggetto  $M$  è detto modello dell'oggetto  $S$  se l'osservatore  $O$  può usare  $M$  per rispondere a domande o, più in generale, per risolvere problemi, che lo interessano e che riguardano  $S$ ”.*

In questa definizione entra in gioco l'osservatore, cioè la persona che considera l'oggetto e che determina, in sostanza, il fatto che l'oggetto stesso sia o no un modello; il modello pertanto si configura come uno schema mentale per osservare gli oggetti che ci circondano.

## Utilizzo dei modelli

Il modello di un oggetto può andare dalla replica esatta, seppure realizzata con materiali diversi o in una scala differente, fino ad un'astrazione completa dalle proprietà salienti della realtà in esame. Tra le funzioni che un modello può svolgere, si possono individuare le seguenti:

- supportare la riflessione sul problema attraverso un'adeguata schematizzazione, al fine di una migliore organizzazione dei concetti e di una attenta valutazione della soluzione proposta;
- consentire una comunicazione più efficace ed immediata, attraverso una rappresentazione all'occorrenza più concreta degli oggetti, sicuramente più concisa e non



ambigua rispetto ad una descrizione verbale non sempre adeguata ad esprimere la complessità del mondo reale;

- utilizzo nel campo dell'istruzione e dell'addestramento: si pensi ai modelli quali i simulatori di volo utilizzati per l'addestramento di piloti e di astronauti, per riprodurre situazioni in assenza di gravità;

- studiare la realtà modellata al fine di prevederne l'evoluzione nel tempo, il comportamento: la simulazione nella galleria del vento del modello di un mezzo di trasporto, per studiarne le proprietà aerodinamiche;

- effettuare una sperimentazione controllata per la verifica del funzionamento, nei casi in cui il collaudo diretto non risulti possibile: possibilità di variare alcune caratteristiche del modello lasciando invariate le altre, al fine di verificare l'impatto sul comportamento del sistema (es. del modello giapponese, dighe, etc.);

- effettuare prove sulla robustezza, la funzionalità e altre caratteristiche dell'oggetto in esame: riprodurre la forma dell'oggetto, sperimentare le tecniche e i materiali usati.

I modelli sono importanti nelle attività progettuali e lavorative, ma anche nella didattica, per sviluppare la creatività, affinare le capacità di analisi e lo spirito critico.

### **Classificazione dei modelli**

È possibile classificare i modelli per funzione, focalizzando l'attenzione non tanto sulla struttura, quanto sulle funzionalità dei diversi tipi di modelli.

#### *Classificazione rispetto all'uso*

Questo tipo di classificazione si basa sullo scopo per il quale il modello viene realizzato.

I modelli *descrittivi* offrono una rappresentazione realistica di ambienti o di oggetti, ad un alto livello di dettaglio, pur con eventuali semplificazioni, per spiegare/capire la natura della porzione di realtà esaminata.

Alcuni esempi: la piantina di una città; globi terrestri, che riproducono i mari e le terre emerse come superfici curve quali si presentano nella realtà; il disegno di un frigorifero corredato della nomenclatura delle varie parti; plastici geografici che riproducono in scala interi continenti o singole nazioni e regioni, evidenziando l'altezza dei vari corrugamenti della crosta terrestre in rilievo al fine di conferire maggiore evidenza ed efficacia visiva; modelli di progetto (architettonici e urbanistici) che evidenziano gli aspetti volumetrici e le relazioni tra le varie parti di un edificio da costruire o di una zona da sistemare; modellini giocattolo (vetture, treni, aerei, macchinari...).

I modelli *predittivi* descrivono situazioni evidenziando gli elementi necessari a prevederne l'evoluzione e/o a riprodurre le caratteristiche comportamentali. Esempi: la tabella dei programmi di lavaggio di una lavatrice; lo schema fornito dal Meteo per le previsioni del tempo, che consente di trarre dal modello indicazioni sulla probabile evoluzione delle condizioni meteorologiche.

I modelli predittivi, largamente utilizzati nella progettazione, generalmente svolgono anche una funzione descrittiva, mentre i modelli descrittivi non necessariamente sono applicati per scopi progettuali.

I modelli *prescrittivi* forniscono precise indicazioni sul modo in cui l'entità modellata dovrà evolvere per raggiungere lo scopo, imponendo o indicando un comportamento in previsione dell'obiettivo da raggiungere. Ad esempio: la ricetta di un medico, contenente oltre al nome del farmaco anche la posologia (rappresenta un modello prescrittivo del comportamento che dovrà seguire il paziente); le indicazioni affisse nei luoghi pubblici sul comportamento da seguire in caso di sfollamento; le istruzioni per il montaggio e l'avvio di un'apparecchiatura.

### *Classificazione in base alla natura del modello o per caratteristiche*

Questa modalità classifica i modelli in base al livello di astrazione, partendo dai modelli che sono delle repliche esatte della realtà fino a quelli completamente astratti.

Si distinguono due grandi classi: i modelli fisici o reali, che hanno una struttura costituita da elementi del mondo fisico, e i modelli astratti o simbolici, che rappresentano le entità coinvolte mediante una simbolizzazione.

I modelli *iconici* sono modelli fisici che riproducono fedelmente l'aspetto fisico del sistema oggetto di studio, con eventuali riduzioni di scala. I modelli iconici sono una rappresentazione grafica in scala del sistema. Esempi di modelli iconici sono le rappresentazioni della pianta di un edificio o di un impianto industriale. Il significato di modello iconico si estende anche a quei modelli che rappresentano il prototipo del sistema in scala o a dimensioni reali. (1:1). Il plastico di una diga è un esempio di modello iconico in scala ridotta, mentre nella rappresentazione mediante sfere e tubicini di una struttura molecolare le dimensioni sono ingrandite; infine l'automobile usata nella galleria del vento è un esempio di modello iconico in grandezza naturale. Questo esempio evidenzia come i modelli iconici siano usati per valutare le caratteristiche del sistema in fase di progettazione e di collaudo.

La somiglianza al sistema rappresentato è la caratteristica che contraddistingue i modelli iconici e può dipendere anche dalle dimensioni del modello stesso. A tale scopo alcuni modelli iconici vengono chiamati anche modelli fisici in scala. Si tratta di sistemi reali che costituiscono una riproduzione del sistema originario in cui ad ogni elemento viene fatto corrispondere nel modello un elemento rappresentato dalla stessa grandezza (a lunghezze corrispondono lunghezze, e così via) e viene mantenuto costante, per tutti gli elementi, il rapporto di proporzionalità tra i valori assunti dalla stessa grandezza. Se il fattore di scala rimane lo stesso per tutte le grandezze il modello può essere in scala naturale (modelli di simulazione per l'addestramento), in scala ridotta (modello del sistema solare), in scala espansa (modello di un atomo), dove la variazione di scala può fare riferimento ad una, due o tre dimensioni.

Per molti anni la progettazione in ingegneria si è avvalsa di modelli fisici in scala naturale o in scala ridotta per le prove. I progettisti di sistemi militari, dell'aeronautica e di quelli coinvolti in progetti spaziali fanno largo uso di modelli fisici in scala naturale chiamati MOCKUP per scopi addestrativi. In altri contesti i modelli in scala possono svolgere ruoli dimostrativi (mappamondo) o di sperimentazione indiretta.

Le sagome in scala di apparecchiature e fabbricati usate nella progettazione del Layout

di un impianto sono un esempio di modello fisico bidimensionale, in scala ridotta per sperimentazione. La loro funzione consiste nell'essere spostate sulla pianta topografica che descrive l'impianto (modello fisico bidimensionale in scala ridotta per scopi dimostrativi) fino a raggiungere la posizione considerata ottimale, in relazione ad esempio alla compatibilità tra gli spostamenti interni della materia prima e l'ubicazione delle stazioni di lavoro.

Come esempio di modello in scala ridotta possiamo considerare il modellino di una nave costruito con gli stessi materiali dell'originale, e che riproduce in miniatura non solo le proprietà dimensionali e meccaniche dei sistemi reali rappresentati, ma anche quelle relative al peso e alle capacità di galleggiamento.

Se invece il fattore di scala non è il medesimo per tutte le grandezze il modello si dice *simile*, come ad esempio il modello in grandezza naturale di un dinosauro presente in un museo, che non riproduca fedelmente una proprietà quale il peso.

È possibile applicare modelli analoghi o addirittura uguali a fenomeni differenti e a campi differenti. In particolare sono stati individuati modelli in grado di rappresentare altrettanto bene sistemi di tipo biologico, elettrico, meccanico sociale, economico, linguistico. Questa proprietà va sotto il nome di *isomorfismo*.

Si definisce grado di isomorfismo di un modello la somiglianza con ciò che esso rappresenta. Il concetto di isomorfismo implica che esista una corrispondenza biunivoca tra gli elementi del modello e quelli dell'entità rappresentata, e che siano preservate le esatte relazioni ed interazioni tra gli elementi. Modelli simili nella forma ma differenti nella struttura di base si dicono invece omomorfi: maggiore è il grado di semplificazione e di astrazione, maggiore è il grado di omomorfismo del modello.

Treni, navi, aeroplani, automobili giocattolo sono modelli in scala nei quali il grado di somiglianza nella forma e nelle funzioni è molto alto per alcune parti del sistema e molto basso per altre. In generale, infatti, si riproducono fedelmente solo le parti che si ritengono essenziali per il fine da raggiungere con la costruzione del modello. Ad esempio un modello per collezioni avrà carrozzeria in metallo con particolari in scala 1:25, porte apribili e ruote sterzanti; un modello per la prova di attrito aerodinamico nella galleria del vento riprodurrà in modo sommario i particolari estetici di un'auto ed invece sarà costruito in scala 1:1 con materiali facilmente plasmabili; infine nei modelli telecomandati il motore e gli altri organi meccanici devono essere riprodotti con un elevato grado di somiglianza funzionale.

Un modello fisico si dice *analogico* se in esso una proprietà dell'oggetto reale, espressa in una certa grandezza, è rappresentata da una proprietà espressa in una grandezza diversa ma che si comporta in modo simile. In altre parole, si tratta di riproduzioni dei sistemi originali in cui vengono mantenute le relazioni fra gli elementi del sistema, ma le grandezze fisiche in gioco vengono sostituite in parte o totalmente con altre di comportamento analogo. I modelli analogici sono utilizzati anche per simulare il comportamento di sistemi meccanici, idraulici, termici, con sistemi elettrici di basso costo e grande flessibilità: mediante lo stesso modello matematico è possibile rappresentare sistemi fisici molto diversi. Due sistemi si dicono analoghi quando, pur essendo di natura diversa (per esempio sistema meccanico ed elettrico), le loro variabili sono legate dalle medesime relazioni matematiche. Ad esempio, un circuito elettrico co-

stituito da un generatore di tensione, una resistenza e dei conduttori elettrici di collegamento tra i componenti, può essere modellizzato mediante un circuito idraulico composto da una pompa, una pala fatta ruotare dal passaggio dell'acqua, e da una tubazione di dimensioni opportune: in questo caso la grandezza elettrica *differenza di potenziale* e la grandezza idraulica *prevalenza* sono di natura diversa, ma regolate da leggi fisiche analoghe. Esempi di modelli analogici: il barometro a mercurio, in cui la grandezza reale pressione atmosferica (forza/superficie) viene modellizzata mediante l'altezza raggiunta dalla colonnina di mercurio (lunghezza); le carte geografiche fisiche, nelle quali le diverse quote vengono rappresentate mediante colori.

I modelli *simbolici* forniscono una rappresentazione astratta della porzione di realtà oggetto di indagine, attraverso una simbolizzazione delle grandezze coinvolte; si utilizzano entità astratte (simboli) per rappresentare entità reali, senza che ciò comporti perdita di informazione. Esempi di simboli possono essere il fumo che segnala l'incendio, il suono delle sirene che segnala il pericolo, i simboli convenzionali usati nelle cartine, i simboli usati negli schemi circuitali per definire i componenti elettrici, i caratteri dell'alfabeto di una lingua, etc.

In particolare i simboli utilizzati all'interno di un modello possono essere divisi in due categorie: simboli naturali, come mezzi di comunicazione istintivi, derivati dalla natura; simboli artificiali, come mezzi di comunicazione prodotti dalla cultura.

Se l'alfabeto di simboli è corredato da un insieme di regole di elaborazione, si parla di modelli a simboli attivi. Questa classe comprende i modelli verbali (linguaggi naturali, linguaggi specifici per rappresentare la conoscenza, linguaggi artificiali quali ad esempio i linguaggi di programmazione), e i modelli matematici (formalismi logici, insiemistica, algebra dei segni e algebra degli ordini di grandezza, linguaggi grafici quali schemi a blocchi e grafi di transizione...).

### *Classificazione per funzione*

I modelli possono essere classificati anche in base alle loro funzionalità, prescindendo dalla struttura. Abbiamo pertanto tipi di modelli funzionali che rivestono particolare importanza nell'analisi dei sistemi fisici:

- modelli topologici (fra i quali troviamo i modelli geometrici), mediante i quali descrivere la posizione assoluta dei singoli elementi rispetto ad un sistema di riferimento;
- modelli di connessione (ad esempio schemi di circuiti elettrici, cartine che riportano collegamenti stradali, ferroviari, etc.) mediante i quali descrivere i collegamenti fisici o logici che compongono la struttura di comunicazione di un sistema;
- modelli di comportamento, per descrivere il comportamento di un sistema quando sono modificate le sollecitazioni alle quali è sottoposto.

### **Limiti di applicabilità dei modelli**

Quando si costruisce una rappresentazione della realtà, le scelte effettuate assumono sempre un carattere soggettivo: ipotesi, ammissibili nel quadro dello studio che si sta sviluppando, possono non esserlo in un contesto diverso.

Ad esempio, riferendoci allo studio dei sistemi nel cui ambito i modelli rivestono particolare importanza, gli elementi che concorrono alla definizione di sistema ne costituiscono un modello limitato al contesto funzionale dello stesso: se vogliamo analizzare le funzioni svolte dal sistema di riscaldamento dell'acqua e ci interessa vedere, per esempio, quale sarà il suo comportamento se acceso costantemente oppure in maniera intermittente, possiamo scrivere la legge matematica che descrive la particolare funzione di ingresso e calcolare l'andamento dell'uscita, senza dover agire realmente sul serbatoio. Il modello pertanto ci consente di dedurre delle conseguenze sul reale comportamento del sistema attraverso il ragionamento piuttosto che operando concretamente su di esso. Se invece volessimo vedere come varia la temperatura dell'acqua in uscita al serbatoio modificando la sezione del tubo d'alimentazione del liquido o il tipo di riscaldatore (a serpentina, a gas...) risulta evidente come questo esuli dal contesto per il quale il modello è stato costruito, pertanto il modello non sarebbe applicabile.

Si pensi ancora ai modelli matematici mediante i quali è possibile rappresentare l'andamento di un fenomeno, mediante interpolazione o approssimazione, a partire da un insieme di valori determinati sperimentalmente  $(x_i, y_i)$ , dove  $x_i$  rappresentano i punti di osservazione riferiti alla variabile indipendente, e  $y_i$  i valori osservati. Questi modelli risultano validi solo all'interno dell'intervallo  $[x_0, x_n]$  che contiene i punti di osservazione: cercare di applicarli a valori esterni all'intervallo può portare a gravi errori di interpretazione della realtà.

Dato un sistema, non esiste 'il modello' che abbia validità in assoluto, cioè in qualunque contesto, ma esistono molti modelli che costituiscono rappresentazioni da diverse prospettive secondo diversi livelli di astrazione, e che differiscono per il fine per il quale sono stati realizzati, e quindi per i diversi contesti nei quali trovano applicazione. Il modello, in quanto astrazione della realtà, implica assunzioni intrinsecamente collegate al contesto e allo scopo per il quale è stato realizzato: in relazione al problema in esame, chi progetta il modello deciderà di tenere conto di certe caratteristiche ritenute più significative per il problema da risolvere, e di escluderne altre.

L'incompletezza che caratterizza i modelli costituisce un punto di debolezza ma nel contempo un punto di forza, perché implica forme semplificate di rappresentazione che consentono di dominare situazioni molto complesse.

### Costruzione di un modello

Per risolvere un problema che si presenta nel mondo reale, cerchiamo di costruire un modello mentale, cioè una descrizione della porzione di realtà attinente al problema in esame. Il nostro pensiero si esprime attraverso concetti che sono collegati per formare immagini rappresentative della realtà, che cerchiamo di comunicare attraverso il linguaggio. Ma in molti casi i nostri pensieri sono astrazioni dalla realtà.

Il concetto di astrazione viene generalmente riconosciuto alla base di tutti i meccanismi di rappresentazione della realtà. L'astrazione si può definire come il procedimento mentale che viene messo in atto quando, analizzando un insieme di oggetti, se ne evidenziano alcune proprietà e caratteristiche, se ne escludono altre giudicate

non rilevanti pervenendo a definire un nuovo concetto che unifica le proprietà in esame. Si consideri ad esempio il processo mediante il quale la nostra mente giunge a definire il concetto di automobile astraendo rispetto alle singole componenti (volante, sedili, ruote, cofano, etc.) e considerando questo nuovo concetto come un tutt'uno al quale è utile riferirsi, in determinati contesti, prescindendo dalle singole componenti.

Grazie ad un continuo processo di astrazioni e semplificazioni, la nostra mente è in grado di affrontare e risolvere problemi anche molto complessi.

Tre sono i tipi di astrazione ai quali faremo riferimento: *classificazione*, *aggregazione*, *generalizzazione*, applicati ai concetti della realtà analizzata, permettono di introdurre, nella corrispondente rappresentazione, classi di oggetti e relazioni semantiche tra le classi.

L'*astrazione di classificazione* permette di definire una classe a partire da un insieme di oggetti per i quali si evidenziano proprietà comuni. Consideriamo ad esempio l'insieme dei dipendenti di un'azienda: pur nell'ambito delle diverse caratteristiche dei singoli individui, essi presentano proprietà comuni quali cognome, nome, sesso, data nascita, ecc.; astraendo si perviene al concetto di *persona*, avente come attributi le proprietà individuate. Applicando la classificazione viene quindi definita nella rappresentazione una classe, nell'esempio il nuovo oggetto *persona* che indicherà, nella rappresentazione, l'insieme di oggetti del mondo reale, gli individui, ai quali viene applicata l'astrazione di classificazione.

L'*astrazione di aggregazione* permette di definire un concetto basandosi su altri concetti che ne rappresentano le proprietà. Applicando ad esempio un'astrazione di aggregazione ai concetti di studente, corso e voto, si perviene al concetto di esame, che nella rappresentazione costituisce la nuova classe corrispondente al concetto aggregato.

A partire da concetti già definiti mediante astrazione di classificazione, e aventi proprietà comuni, è possibile definire un concetto più generale, mediante *astrazione di generalizzazione*, al quale verranno attribuite le proprietà comuni. Ad esempio, la classe *persona* si può definire mediante astrazione di generalizzazione applicata alle classi specializzate *studente* e *impiegato*. È interessante osservare come si può pervenire alla definizione della medesima classe nella rappresentazione, utilizzando questi tre tipi di astrazione in modo complementare.

Consideriamo alcune proprietà ritenute rilevanti per le persone: cognome e nome, data nascita, comune di nascita; queste proprietà possono essere descritte in termini di classi, intendendo ad esempio la data di nascita come l'insieme delle istanze costituite dalle date di nascita di tutte le persone considerate. Applicando a queste tre classi un'astrazione di aggregazione, è possibile definire la classe *persona*. Riassumendo quindi, la classe *persona* è stata quindi definita mediante tre diversi tipi di astrazione: classificazione, considerando le istanze rappresentate dai singoli individui; aggregazione di classi che ne costituiscono le proprietà; come generalizzazione di classi specializzate.

La costruzione del modello o dello schema consiste in un processo di conoscenza della realtà di interesse e in una traduzione della conoscenza acquisita in termini di un insieme prefissato di strutture di rappresentazione, che definiamo schema, inteso come concettualizzazione della realtà osservata.

Le strutture di classificazione utilizzate sono le entità, le relazioni e i domini. Un'entità rappresenta una classe, costituita da un insieme di oggetti aventi proprietà comuni. Una relazione rappresenta un legame logico tra due o più entità. Mediante il concetto di attributo è possibile assegnare proprietà ad entità e relazioni: un attributo è una corrispondenza tra una entità o relazione ed un dominio, che rappresenta un insieme di oggetti rappresentabili per mezzo di valori. Un dominio è una classe le cui istanze sono oggetti che rappresentano valori di una proprietà di entità o relazioni. Un modello rappresenta realtà complesse, in modo a volte semplificato, a volte fedele, per mettere in evidenza aspetti ritenuti significativi in riferimento al contesto in cui si opera. L'efficacia delle scelte effettuate è riferita al contesto e agli obiettivi.

### Un esempio completo

Le applicazioni qui proposte scaturiscono dalla sperimentazione di attività di programmazione in atto presso scuole primarie e secondarie di primo grado dell'Emilia-Romagna, finalizzata a promuovere l'acquisizione di competenze di *problem solving* trasversali alle diverse discipline<sup>1</sup>. Per rappresentare la conoscenza in merito ai problemi trattati, si è scelto come formalismo il linguaggio di programmazione logica *Prolog* (basato sulla logica dei predicati del primo ordine), per le seguenti motivazioni:

- la programmazione logica è uno strumento particolarmente adeguato per la rappresentazione e la formalizzazione della conoscenza e di conseguenza può essere usata come strumento di apprendimento di diversi domini di conoscenza (dalle discipline umanistiche a quelle scientifiche);
- consente di acquisire concetti e idee di logica con la forte motivazione di essere capaci di farli apprendere ad un computer senza che sia necessario possedere conoscenze approfondite di logica matematica;
- il *Prolog* permette di sviluppare applicazioni da quelle più semplici alle più complesse nel campo dell'Intelligenza Artificiale, quindi può essere utilizzato durante l'intero corso di studi, dalla scuola primaria al triennio di secondaria di secondo grado.

La costruzione del modello che rappresenta la conoscenza del problema avviene attraverso le seguenti fasi:

- elaborazione di un progetto di lavoro, imperniato su di un problema che per gli alunni abbia significato e i cui dati si possano rappresentare mediante tabelle;- organizzazione dei dati: progettare la struttura delle tabelle, attraverso un primo livello di astrazione di classificazione;
- inserimento dei dati: compilare le righe delle tabelle utilizzando carta e penna o un programma di videoscrittura;
- formalizzazione: descrizione formale delle tabelle come termini logici in linguaggio *Prolog*;

---

<sup>1</sup> Il progetto 'Saper far fare' è promosso dal Dipartimento di Scienze dell'Informazione dell'Università di Bologna in collaborazione con l'Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia Romagna; responsabile scientifico è il prof. Giorgio Casadei, coordinatrice la prof.ssa Milla Lacchini.

- programmazione: costruzione del programma *Prolog* come elenco delle istanze dei singoli termini;
- verifica della validità del modello attraverso interrogazioni poste alla macchina, evidenziando i limiti del modello attraverso le domande alle quali la macchina non è in grado di rispondere;
- raffinamento del modello attraverso un ulteriore processo di astrazione (astrazione di generalizzazione), ed ulteriore raffinamento mediante astrazione di aggregazione (unire più tabelle per costruire una tabella più complessa).

*Esempio: campionato italiano di calcio 2004-2005 - serie A*

Gli alunni della classe terza della scuola primaria 'Codazzi' (Istituto comprensivo 'Baracca', Lugo (Ra), suddivisi in gruppi, per elaborare le tabelle delle squadre di calcio hanno effettuato una ricerca sul WEB (guidata e monitorata dall'insegnante, Maria Rosaria Tedioli) e, con l'ausilio di un motore di ricerca, hanno individuato un sito da cui sono state scaricate tutte le formazioni relative alle squadre di calcio che partecipano al campionato di serie A. Ogni gruppo ha quindi costruito la tabella di una squadra.

*Tab. 1 - Squadra: Milan - Lavoro di gruppo: Marco - Giuseppe - Nicola*

<i>Squadra</i>	<i>Giocatore</i>	<i>Ruolo</i>
Milan	Ancelotti	Allenatore
Milan	Dida	Portiere
Milan	Abbiati	Portiere
Milan	Maldini	Difensore
Milan	Cafù	Difensore
Milan	Stam	Difensore
Milan	Costacurta	Difensore
Milan	Nesta	Difensore
Milan	Pancaro	Difensore
Milan	Kalaze	Difensore
Milan	Dhorasoo	Centrocampista
Milan	Brocchi	Centrocampista
Milan	Ambrosini	Centrocampista
Milan	Kakà	Centrocampista
Milan	Rui Costa	Centrocampista
Milan	Pirlo	Centrocampista
Milan	Seedorf	Centrocampista
Milan	Crespo	Attaccante
Milan	Inzaghi	Attaccante
Milan	Shevchenko	Attaccante
Milan	Tomasson	Attaccante

La tabella è poi stata rappresentata mediante la formalizzazione del linguaggio *Prolog*. La struttura iniziale della tabella prodotta dai singoli gruppi è la medesima, caratterizzata dal fatto che il nome del predicato coincide col nome della squadra: corrisponde al livello più semplice di astrazione.



*Tab. 2 - Tabella in Prolog che codifica la formazione del Milan*

```

milan(ancelotti,allenatore).
milan(dida,portiere).
milan(abbati,portiere).
milan(maldini,difensore).
milan(cafù,difensore).
milan(costacurta,difensore).
milan(nesta,difensore).
milan(pancaro,difensore).
milan(kalaze,difensore).
milan(dhorasoo,centrocampista).
milan(brocchi,centrocampista).
milan(ambrosini,centrocampista).
milan(kakà,centrocampista).
milan(rui_costa,centrocampista).
milan(pirlo,centrocampista).
milan(sedorf,centrocampista).
milan(crespo,attaccante).
milan(inzaghi,attaccante).
milan(shevchenko,attaccante).
milan(tomasson,attaccante).

```

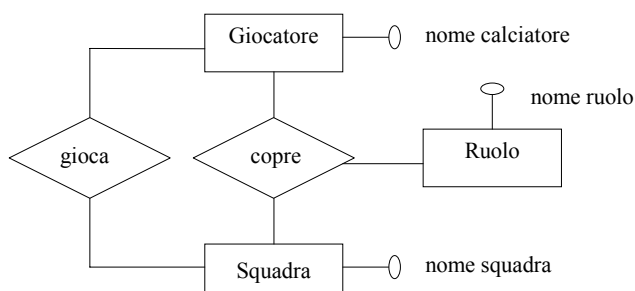
*Tab 3 - Interrogazioni*

```

È vero che Kaka è centrocampista del Milan?
?- milan(kakà,centrocampista).
yes
È vero che Ancelotti è un attaccante?
?- milan(ancelotti,attaccante).
no
Qual è il ruolo di Shevchenko nel Milan?
?- milan(shevchenko,X).
X = attaccante.
Yes
Chi sono i centrocampisti del Milan?
?- milan(X,centrocampista).
X = dhorasoo;
X = ambrosini;
X = kakà;
X = rui_costa;
X = pirlo;
X = sedorf;
no

```

Il passo successivo consiste nel guidare la classe a compiere un processo di astrazione più elevato: a partire dalle tabelle elaborate dai singoli gruppi, costruire una tabella più generale che contenga i dati di tutte le squadre. Si può stimolare la classe proponendo ai singoli gruppi di formulare interrogazioni alle quali il sistema non è in grado di rispondere: “*Quali sono tutti i commissari tecnici del campionato di serie A 2004-2005?*”. I gruppi non sono ovviamente in grado di fornire questa risposta, perché ciascuno vede solo i dati della propria squadra. Ne consegue la necessità di costruire un nuovo modello più completo, attraverso una astrazione di aggregazione, che codifichi tutte le squadre in un unico programma. Basta elencare di seguito tutti i predicati formalizzati inizialmente? No: qualche interrogazione rende evidente la necessità di una diversa formalizzazione, in cui il nome della squadra da nome del predicato diventi argomento di un predicato più generale (si può far riflettere sulla testata delle singole tabelle, in cui compariva già la colonna ‘squadra’)



Si perviene in questo modo alla nuova formalizzazione:

campionato(<nome\_squadra>, <nome\_ruolo>, <nome\_calciatore>)

e al nuovo modello:

```

campionato (bologna,ct,carlo_mazzzone).
campionato (bologna,portiere,gianluca_pagliuca).
.....
campionato (cagliari,ct,daniele_arrigoni).
campionato (cagliari,portiere,davide_ugo_capello).
.....
  
```

Descriviamo ora questa base di conoscenza in termini di schema concettuale, utilizzando le strutture di rappresentazione del modello concettuale Entità-Relazioni.

Lo schema contiene l'entità *Squadra* con attributo *nome\_squadra*, l'entità *Ruolo* con l'attributo *nome\_ruolo*, l'entità *Calciatore* con l'attributo *nome\_calciatore*, le relazioni *gioca* e *copre*. Per semplicità vengono considerati questi soli attributi, senza entrare nel merito di chiavi per le entità e cardinalità delle relazioni. Passando al corrispondente schema logico mediante il modello logico relazionale, otteniamo lo schema di relazione ‘campionato(<nome\_squadra>, <nome\_ruolo>, <nome\_calciatore>)’ avente la medesima

struttura del termine *Prolog* descritto in precedenza. Rappresentando la relazione in forma di tabella si ottiene la medesima tabella codificata in linguaggio *Prolog*.

*Secondo esempio*

Consideriamo un problema di geografia, proposto ad una classe terza di scuola primaria: costruire un modello che rappresenti diversi ambienti, evidenziando per ciascuno di essi vegetazione, prodotti caratteristici naturali o industriali, animali maggiormente diffusi<sup>2</sup>. Un primo modello realizzato dalla classe in linguaggio Prolog è nella tabella seguente. Si noti l'analogia con l'esempio precedente: l'ambiente è identificato col nome del predicato.

*Tab. 4 - Modello in linguaggio Prolog*

montagna(alberi,castagni).	pianuraurbana(industrie,alimentari).
montagna(alberi,larici).	pianuraurbana(industrie,chimiche).
montagna(alberi,pini).	pianuraurbana(industrie,meccaniche).
montagna(alberi,abeti).	pianuraurbana(industrie,edili).
montagna(animali,volpi).	pianuraurbana(animali,cani).
montagna(animali,caprioli).	pianuraurbana(animali,gatti).
montagna(animali,stambecchi).	pianuraurbana(animali,piccioni).
montagna(animali,aquile).	fiume(alberi,salici).
collina(alberi,querce).	fiume(alberi,pioppi).
collina(alberi,castagni).	fiume(alberi,canne).
collina(alberi,viti).	fiume(alberi,cespugli).
collina(alberi,olivi).	fiume(animali,salmoni).
collina(animali,lepri).	fiume(animali,trote).
collina(animali,fagiani).	fiume(animali,tinche).
collina(animali,cinghiali).	fiume(animali,carpe).
collina(animali,volpi).	lago(alberi,lecci).
pianurarurale(coltivazioni,cereali).	lago(alberi,cipressi).
pianurarurale(coltivazioni,ortaggi).	lago(alberi,palme).
pianurarurale(coltivazioni,foraggio).	lago(alberi,cedri).
pianurarurale(coltivazioni,frutti).	lago(animali,trote).
pianurarurale(animali,bovini).	lago(animali,lucci).
pianurarurale(animali,suini).	lago(animali,anatre).
pianurarurale(animali,equini).	lago(animali,rane).
pianurarurale(animali,pollame).	

<sup>2</sup> Si ringraziano le docenti Franca Manfredi, Milena Tedaldi e Maria Luisa Biandronni, e le classi 3 A e 3 B dell'Istituto Comprensivo di S. Sofia (Fc).

Tab. 5 - Alcune interrogazioni

<p><i>Quali animali vivono in collina?</i>          ?- collina(animali,Chi).          Chi = lepri;          Chi = fagiani;          Chi = cinghiali;          Chi = volpi;          no</p> <p><i>Quali sono le coltivazioni tipiche della pianura rurale?</i>          ?- pianuraurale(coltivazioni,Chi).          Chi = cereali;          Chi = ortaggi;          Chi = foraggio;          Chi = frutti;          no</p> <p><i>Chi fornisce i prodotti alimentari della pianura urbana?</i>          ?- pianuraurbana(Chi,alimentari).          Chi = industrie          yes</p> <p><i>Quali industrie si trovano nella pianura urbana?</i>          ?- pianuraurbana(industrie,Chi).          Chi = alimentari;          Chi = chimiche;          Chi = meccaniche;          Chi = edili;          no</p> <p><i>Quali animali vivono nei fiumi?</i>          ?- fiume(animali,Chi).          Chi = salmoni;          Chi = trote;          Chi = tinche;          Chi = carpe;          no</p> <p><i>Quali specie di alberi crescono nei pressi dei laghi?</i>          ?- lago(alberi,Chi).          Chi = lecci;          Chi = cipressi;          Chi = palme;          Chi = cedri;          no</p>
---

### *Limiti del modello e successivi miglioramenti*

Con questa formalizzazione il modello non consente tuttavia di rispondere a domande del tipo: *Quali sono gli ambienti in cui vive un certo animale?* Stimolando gli alunni ad esplorare le risposte che la macchina non è in grado di fornire, si fa emergere l'esi-

genza di un maggiore livello di astrazione nella rappresentazione dei dati, che conduce ad una formalizzazione più generale: ‘ecosistema(<ambiente>, <tipo risorsa>, <nome risorsa>)’ e al conseguente nuovo modello:

```
ecosistema(montagna,alberi,castagni).  
.....  
ecosistema(fiume,animali,tinche).  
.....
```

### Le tecniche di rappresentazione

Tra le varie classi di formalismi che possono essere utilizzati per rappresentare la conoscenza codificata in un problema, la scelta di un linguaggio di programmazione logica si caratterizza per la possibilità di perseguire i seguenti obiettivi:

- sviluppare capacità metacognitive attraverso la gestione dell’errore: la correzione degli errori logici di un programma richiede un lavoro metodico e paziente di analisi e riflessione, costringe l’allievo ad approfondire le conoscenze e a rivedere la strategia di ragionamento adottata;
- favorire un apprendimento significativo: una comprensione approssimativa del problema non è sufficiente per sviluppare un programma funzionante; la scrittura anche di una sola istruzione richiede una adeguata analisi;
- sviluppare capacità di collaborare e cooperare: le attività proposte evidenziano l’importanza della interazione tra i vari gruppi ai fini della elaborazione del modello più generale, e quindi del raggiungimento di un livello più elevato di astrazione.

Il lavoro di organizzazione e formalizzazione della conoscenza attraverso i modelli proposti, inoltre, presenta una valenza formativa rilevante al fine di una consapevole acquisizione dei concetti e di un corretto utilizzo degli strumenti per la gestione delle tabelle e delle basi di dati; pertanto può fornire le basi per mettere in grado gli studenti di padroneggiare alcuni moduli utili al conseguimento della patente europea ECDL già nel corso della scuola secondaria di primo grado.

---

# GLI ARTEFATTI MEDIANTE RAPPRESENTAZIONI MULTIPROSPETTICHE

Elio Toppiano\*

---

\*Professore associato - Dipartimento di Matematica e Informatica, Università di Udine

## Introduzione

Negli ultimi anni si è assistito, in ambito scolastico, ad uno spostamento dell'attenzione dai *prodotti* dell'apprendimento ai *processi* di apprendimento. La diffusione dell'approccio didattico detto *metacognitivo* ne è una conferma. Questo approccio si propone, come obiettivo, di formare quelle abilità mentali superiori che vanno al di là dei processi cognitivi primari per sviluppare nello studente la consapevolezza di quello che sta facendo, del perché lo fa, di quando è opportuno farlo e in quali condizioni è possibile farlo [1]. In un'epoca di rapido cambiamento come quella attuale, in cui le conoscenze divengono rapidamente obsolete, queste competenze, non legate ad un dominio di applicazione specifico, ma trasversali rispetto ai vari domini e quindi riusabili, sono essenziali per 'imparare ad imparare' per dare, cioè, alla mente, quella flessibilità che oggi viene sempre più richiesta anche nel mondo del lavoro.

Questo articolo si propone di analizzare una delle attività fondanti dello studio della disciplina Tecnologia, vale a dire la 'lettura di un artefatto', per capire in quali modi questa attività può contribuire allo sviluppo di abilità cognitive e metacognitive. È noto che gli studenti che escono dalle scuole medie, ma questo discorso vale anche per coloro che terminano i corsi di studio successivi, sono, in generale, incapaci di ragionare sui sistemi fisici in modo qualitativo o a diversi livelli di astrazione. Solitamente, quando questi studenti devono affrontare un problema relativo al comportamento o al funzionamento di un dato sistema fisico, essi identificano una qualche caratteristica strutturale del problema (la presenza di una molla, di un resistore, ecc.) e la usano per ricordare una formula (legge di Hooke, legge di Ohm) che viene associata meccanicamente ad essa. Molti studenti trovano difficile descrivere il problema in esame a livelli più astratti (ad esempio, in termini di conservazione dell'energia e del momento, o in termini dei processi fisici che avvengono nell'artefatto). Spesso accade, inoltre, che essi applichino le conoscenze a loro disposizione in contesti inappropriati.

Secondo diversi autori [2, 3] questo comportamento è dovuto alle seguenti cause:

- gli studenti sembrano possedere un numero limitato di conoscenze costituite prevalentemente da concetti, fatti specifici e formule che sono memorizzati nelle loro menti in maniera 'piatta' e poco strutturata;
- il tipo di ragionamento da essi usato si basa, quasi esclusivamente, sull'applicazione pedissequa di formule matematiche che esprimono relazioni tra concetti che,

spesso, non sono completamente compresi. Per esempio, molti studenti considerano un resistore come un 'ostacolo' al flusso della corrente invece che come un 'condotto' ossia un oggetto che apre un passaggio alla corrente. Quest'immagine, che descrive bene il comportamento delle connessioni di resistori in serie, non si adatta alla connessioni in parallelo: di conseguenza, molti studenti trovano sorprendente il fatto che l'aggiunta di un resistore (in parallelo) faccia diminuire la resistenza elettrica complessiva e lo considerano nient'altro che un artificio matematico;

- solo in rari casi, gli studenti sono in grado di esplicitare le assunzioni e i presupposti (metaconoscenza) che sono alla base di un modello o di una teoria utilizzata per la comprensione dell'artefatto.

Sulla base di questi studi è possibile individuare alcuni obiettivi che sembrano particolarmente rilevanti, non solo per poter ragionare efficacemente sugli artefatti, ma, più in generale, per acquisire quelle abilità cognitive e metacognitive trasferibili anche in altri domini. In particolare, lo studente dovrebbe essere messo in grado di:

- *riconoscere e saper usare* tipi diversi di conoscenze relative all'artefatto in esame;
- *organizzare le conoscenze* a disposizione in modo strutturato mediante gerarchie o eterarchie;
- *acquisire le tecniche appropriate* per accedere alla conoscenza rilevante per un dato scopo;
- *riconoscere e saper eseguire* tipi diversi di inferenze (induzione, deduzione, abduzione, analogia, ecc.);
- *acquisire le conoscenze* di controllo necessarie per influenzare attivamente lo svolgimento di un processo di ragionamento in corso ed orientarlo verso un aumento della efficacia e della efficienza.

L'articolo è organizzato come segue. Nel secondo paragrafo si discuterà brevemente il concetto di 'modello' di un artefatto e la relazione che intercorre tra un modello, l'oggetto rappresentato dal modello, e l'agente che costruisce il modello. Il terzo paragrafo è dedicato ad una analisi del processo di costruzione di un modello. In particolare, l'attenzione è rivolta ai tipi di decisioni che vengono prese dal modellizzatore durante questa attività. Una tesi dell'articolo è che una maggiore comprensione dei presupposti e delle assunzioni che sono alla base della costruzione di un modello possano contribuire al soddisfacimento degli obiettivi didattici sopra illustrati. Nei due paragrafi che seguono si analizza l'attività di ragionamento su sistemi fisici basata sull'uso cooperativo di più modelli e se ne illustra un esempio al fine di mettere in luce alcuni tipi di inferenze che possono essere attivate. L'ultimo paragrafo, infine, riporta alcune osservazioni conclusive.

## Il concetto di modello

Dare una definizione esauriente del concetto di modello è difficile, in quanto, spesso, a questo termine vengono attribuiti significati diversi. La definizione che segue è stata proposta da Minsky (1965) e coglie alcuni aspetti importanti di questo concetto:

Dati due oggetti, M ed S, e un osservatore O, l'oggetto M è detto *modello* dell'oggetto S se l'osservatore O può usare M per rispondere a domande o, più in generale, per risolvere problemi, che lo interessano e che riguardano S.

La definizione non fa particolari assunzioni sulla natura delle entità M ed S coinvolte. S potrebbe essere un sistema esistente oppure ancora da costruire (si pensi, ad esempio, all'uso dei modelli per descrivere possibili soluzioni parziali durante l'attività di progettazione); potrebbe essere un oggetto (ad esempio un artefatto tecnico) oppure un fenomeno fisico, un processo, una procedura o una attività (per esempio la progettazione). Analogamente il modello M può essere di natura diversa: una descrizione simbolica (modello simbolico) oppure un oggetto materiale (si pensi ai 'modellini' in scala ridotta). L'aspetto che viene sottolineato con maggior forza dalla definizione di Minsky è che un modello è un particolare tipo di artefatto, cioè un oggetto progettato (e costruito) *intenzionalmente* per soddisfare uno o più scopi (in un contesto dato).

Alcune implicazioni teoriche e pratiche della definizione sono le seguenti:

- un modello è un 'surrogato' della realtà che viene costruito per permettere all'osservatore-utente di trarre delle conseguenze sulla realtà ragionando, piuttosto che agendo in essa;
- un modello, essendo un surrogato, è inevitabilmente una astrazione della realtà e incorpora un insieme di assunzioni (ontologiche, rappresentazionali e operazionali) che sono specifiche rispetto allo scopo per cui viene costruito;
- per un dato oggetto S non esiste 'il modello di S', ma esistono diversi modelli che rappresentano S da diverse prospettive, a diversi livelli di astrazione e per diversi scopi a seconda dell'osservatore O, del tipo di problema da risolvere e degli obiettivi dell'applicazione a cui il modello è destinato;
- l'accettabilità di un modello M può essere valutata: i) rispetto al sistema reale S che esso descrive, ii) rispetto agli scopi che l'osservatore O desidera soddisfare, iii) rispetto ad un altro modello M\* che rappresenta il sistema S, per gli stessi scopi, ma ad un livello diverso di astrazione o approssimazione. Come conseguenza, cambiano i criteri di valutazione: l'accuratezza e la precisione del modello nel descrivere o predire gli aspetti rilevanti della realtà modellata, nel primo caso; l'utilità ed efficacia del modello nel soddisfare lo scopo dell'utente, nel secondo caso; e, infine, l'efficienza, la semplicità, l'usabilità e, in generale, l'adeguatezza cognitiva della rappresentazione, nell'ultimo caso.

Nel seguito supporremo che il sistema S sia un artefatto, ad esempio un oggetto tecnico, esistente o in fase di realizzazione ed M un modello simbolico di S o di parte di esso. Col termine *modello simbolico* intenderemo una descrizione costituita da un insieme di asserzioni riguardanti il sistema modellizzato. Le asserzioni sono rappresentate in un qualche *linguaggio di rappresentazione* e descrivono la realtà considerata mediante una *concettualizzazione* cioè un insieme di concetti che il modellizzatore ritiene rilevanti per lo scopo del modello. Da questo punto di vista, un modello simbolico è costituito da due 'ingredienti' principali: la concettualizzazione e il linguaggio di rappresentazione usato per esternalizzarla. Questa prospettiva richiama la distinzione tra contenuto ed espressione usata spesso in semiotica per caratterizzare il concetto di segno. La costruzione di un modello, o *modellizzazione*, può essere allora decomposta in tre sottoattività principali:

- *interpretazione*: il modellizzatore si costruisce una immagine mentale del sistema S da modellare. In questa fase egli cerca di dare un senso alle sensazioni e alle percezioni



che provengono dal mondo oppure, se S non esiste ancora, si crea una rappresentazione mentale cioè una concettualizzazione di come dovrebbe essere;

- *rappresentazione*: il modellizzatore sceglie il linguaggio di rappresentazione da usare, decide il contenuto concettuale da rappresentare nel modello, e assegna alle primitive concettuali del linguaggio i significati che intende trasmettere;

- *esternalizzazione*: il modellizzatore utilizza il sistema notazionale del linguaggio scelto per esternalizzare il risultato della rappresentazione mediante un modello (artefatto) M percepibile (ad esempio un diagramma su carta). In questo modo rende manifesto il contenuto concettuale che intende esprimere.

### Le decisioni di modellizzazione

La costruzione di un modello implica una serie di decisioni riguardanti fondamentalmente i seguenti aspetti (non necessariamente in quest'ordine): l'applicabilità del modello, lo scopo del modello, i concetti di base usati dal modello per descrivere la realtà in esame, il linguaggio di rappresentazione usato per codificare la conoscenza in esso contenuta.

#### *L'applicabilità del modello*

L'applicabilità del modello riguarda due tipi di scelte: la scelta del *dominio di applicabilità* e la scelta delle *condizioni di applicabilità*. Il dominio di applicabilità di un modello specifica la parte del mondo reale che viene assunta come obiettivo della rappresentazione. Le condizioni di applicabilità di un modello specificano le condizioni che devono essere soddisfatte dal sistema reale affinché il modello possa essere considerato una rappresentazione valida del dominio. Si consideri, come esempio, un semplice sistema costituito da una pentola con coperchio riempita per metà d'acqua e posta su un fornello. Supponiamo di voler costruire una descrizione del sistema 'S: pentola con acqua' che costituisce, pertanto, il dominio di applicazione del modello. In questo caso il fornello e la stanza costituiscono parte dell'ambiente esterno. È possibile identificare diversi modi operativi per il sistema in esame: il fornello è acceso e l'acqua nella pentola si sta scaldando; il fornello è spento e l'acqua nella pentola si sta raffreddando dopo essere stata riscaldata, l'acqua nella pentola sta bollendo, e così via. Ipotizzare un determinato modo operativo per la pentola con acqua e rappresentare il comportamento del sistema operante in quel modo richiede di etichettare il modello ottenuto con delle precise condizioni operative (*fornello* acceso e *temperatura* dell'acqua minore della *temperatura* di ebollizione; *fornello* spento e *temperatura* dell'acqua maggiore della *temperatura* della stanza) al di fuori delle quali il modello non è più valido in quanto descrive un sistema operante in maniera differente da quella presupposta.

#### *Lo scopo del modello*

Scegliere lo scopo di un modello significa decidere a quali tipi di domande il modello è in grado di rispondere. Le domande potenzialmente rilevanti per un modello dipendono evidentemente dal suo contenuto ossia dalle conoscenze codificate esplici-

tamente nel modello e dai meccanismi di accesso e di inferenza che consentono di estrarre tali conoscenze e derivare le loro possibili conseguenze. Questi aspetti verranno descritti dettagliatamente nei paragrafi che seguono. In letteratura non esiste una analisi esaustiva dei tipi di domande (o delle classi di problemi) affrontabili con un dato tipo di modello. Alcuni autori [4] distinguono fra tre tipi di problemi: descrittivi, predittivi, ed esplicativi senza, peraltro, fornirne una definizione precisa. La tabella seguente riporta alcuni esempi di domande con riferimento al sistema della pentola con acqua descritto precedentemente:

<i>Problema</i>	<i>Tipo di problema</i>
D1- Come è fatto il sistema? D2- Quale è la temperatura dell'acqua nella pentola in questo istante? D3- Quali variabili fisiche influenzano la quantità di calore nella pentola? D4- Quali fenomeni fisici sono attivi nel sistema in questo istante? D5- A cosa serve il coperchio della pentola nel sistema in esame?	Descrittivo
D6- Cosa accade se si accende il fornello quando l'acqua nella pentola è fredda? D7- Come cambia la temperatura dell'acqua nella pentola se il flusso di calore dalla fiamma diminuisce? D8- Come cambia la temperatura dell'acqua se si aggiunge sale? D9- L'acqua si sta scaldando e la sua temperatura attuale è di 74°C. Quanto tempo ci vuole per raffreddare l'acqua se si spegne la fiamma?	Predittivo
D10- Perché l'acqua ha iniziato a bollire? D11- Perché la temperatura dell'acqua nella pentola aumenta se il flusso di calore dalla fiamma aumenta? D12- Perché la temperatura dell'acqua diminuisce meno rapidamente se si aggiunge sale?	Esplicativo

Si osservi che uno stesso tipo di problema, ad esempio un problema descrittivo, può richiedere conoscenze di tipo diverso. Per rispondere alla domanda D1, per esempio, occorre conoscere il sistema in termini di quali componenti lo compongono e come tali componenti sono connessi tra di loro; le domande D2 e D3 richiedono una conoscenza del sistema in termini dei parametri e delle variabili fisiche che ne caratterizzano lo stato in un dato istante e delle relazioni che ne vincolano i rispettivi valori; infine, la domanda D4 esige una interpretazione del comportamento del sistema in termini di processi fisici (es. riscaldamento, raffreddamento) che sono in atto. Inoltre, fissati un tipo di problema (es. predittivo) e un tipo di conoscenza necessaria per risolverlo (es. conoscenza relativa al comportamento del sistema) possono essere richiesti modelli in grado di fornire risposte con diverso grado di precisione: un modello quantitativo nel caso della domanda D9 che richiede in risposta un preciso valore numerico; un modello qualitativo nel caso D7 che richiede in risposta la 'tendenza' (cresce, decresce, è costante) di una variabile del sistema. Infine, alcune domande richiedono di rappresentare lo stesso sistema mediante due o più concettualizzazioni diverse. Nei

casi D8 e D12, per esempio, è necessario rappresentare l'acqua nella pentola sia come oggetto caratterizzato da variabili macroscopiche quali la temperatura, la pressione, il volume, sia come sistema microscopico costituito da una popolazione di molecole dotate di posizione, velocità ed energia cinetica. In questo caso è necessario, inoltre, conoscere le relazioni che collegano le entità appartenenti alle diverse concettualizzazioni (ad esempio, la relazione che lega la temperatura al valor medio dell'energia cinetica delle molecole d'acqua).

### *I concetti di base del modello*

Scegliere i concetti di base di un modello significa specificare una *concettualizzazione* del mondo. Col termine concettualizzazione si intendono: i tipi di entità (materiali o astratte) che si assume esistano nel mondo, i tipi di relazioni che si suppone valgano fra tali entità e, infine, gli attributi delle entità (e delle relazioni) con i relativi domini di possibili valori. I concetti 'pentola', 'acqua', 'temperatura', 'ebollizione', sono rappresentazioni astratte di classi di entità. Analogamente, 'contenuta\_in', 'connesso\_a', 'valore della temperatura' sono rappresentazioni, rispettivamente, di classi di relazione e di attributi.

Ci pare utile riflettere su alcune *dimensioni* lungo le quali le diverse concettualizzazioni del mondo a disposizione del modellizzatore possono variare.

*Tipo ontologico.* Descrive i presupposti di fondo, gli orientamenti impliciti, i valori nascosti, le assunzioni tacite che fondano una data concettualizzazione. Tali assunzioni, molto generali, riguardano la natura del mondo, le sue origini, il suo modo di operare, ecc. In letteratura sono stati proposti numerosi tipi ontologici finalizzati alla rappresentazione di sistemi tecnici. Si veda, per esempio, [5]. Tali proposte comprendono:

- ontologie macroscopiche che considerano la realtà come un *meccanismo*;
- ontologie macroscopiche che considerano la realtà come *processo*;
- ontologie macroscopiche che considerano la realtà come *sistema*;
- ontologie macroscopiche specifiche per la rappresentazione dei fluidi che i) si focalizzano sull'intera massa di un fluido che occupa una determinata regione dello spazio e lo descrivono usando parametri macroscopici (*prospettiva Euleriana*), o ii) si focalizzano su porzioni del fluido in moto le quali aggiustano le proprietà a seconda delle caratteristiche delle regioni dello spazio che attraversano (*prospettiva Lagrangiana*);
- ontologie microscopiche che fanno uso del concetto di *molecola* e di *popolazione di molecole*;
- ontologie microscopiche che fanno uso del concetto di *campo* e di *azione a distanza*.

Come semplice esempio di problemi che richiedono l'uso di modelli basati su ontologie diverse si riveda la domanda D12 in cui si usa, per rappresentare l'acqua nella pentola, un'ontologia macroscopica (nella prospettiva Euleriana) assieme ad una ontologia microscopica basata sulla Teoria cinetica dei fluidi.

*Tipo epistemologico.* Descrive il tipo di conoscenza che una data concettualizzazione permette di descrivere relativamente al sistema considerato. Si possono distinguere cinque tipi epistemologici [6]:

- *Conoscenza strutturale.* Riguarda la ‘topologia’ dell’artefatto: quali parti costituiscono il sistema e come sono interconnesse tra di loro. Esempi di concetti strutturali sono: ‘componente’, ‘terminale’, ‘nodo’, ‘connessione’, ecc. I modelli strutturali, basati su concettualizzazioni di tipo epistemologico strutturale, consentono di descrivere come è fatto un sistema e di identificare possibili cammini strutturali tra coppie di componenti dati.

- *Conoscenza comportamentale.* Riguarda il comportamento potenziale dei componenti di un sistema e le loro possibili interazioni. Questo tipo di conoscenza descrive come i componenti possono operare e interagire tra di loro e con l’ambiente esterno utilizzando, a tal scopo, i concetti di: ‘tempo’, ‘grandezza fisica’ (variabile, parametro e costante), ‘legge fisica’ (fenomenologica, strutturale), ‘modo operativo’, ‘stato’, ‘valore’ e ‘unità di misura’ di una grandezza fisica, ecc. I modelli comportamentali, consentono di risolvere i seguenti tipi di problemi: previsione dello stato futuro del sistema, analisi delle dipendenze tra grandezze fisiche, analisi di sensitività, spiegazione causale del comportamento, diagnosi comportamentale.

- *Conoscenza teleologica.* Riguarda gli scopi associati alle varie parti del sistema dal progettista, il comportamento aspettato, e le condizioni operative necessarie per il soddisfacimento degli scopi. Esempi di concetti teleologici sono: ‘trasportare’, ‘accumulare’, ‘regolare’, ‘mantenere costante’, ‘amplificare’, ‘tradurre’, ecc. I modelli teleologici consentono di risolvere sia problemi descrittivi sia esplicativi relativi ad esempio, alla interpretazione dell’uso corrente (Quale è lo scopo perseguito dall’utente?) e alla definizione dell’uso corretto (Come deve operare l’utente per ottenere una data prestazione dal sistema?).

- *Conoscenza funzionale.* Descrive il modo in cui i comportamenti dei singoli componenti del sistema contribuiscono al soddisfacimento degli scopi assegnati dal progettista. La rappresentazione funzionale fa da ponte tra la rappresentazione comportamentale e quella teleologica. La distanza tra questi due livelli epistemologici è molto grande: si confrontino, infatti, i concetti di base usati nei due casi, ad esempio, per un circuito RC, l’equazione  $dQ/dt = -Q/RC + E/R$  nel modello comportamentale e lo scopo ‘Filtrare’ nel modello teleologico. Questo fatto richiede una serie di concettualizzazioni intermedie che consentano di passare gradualmente da un modello all’altro. Per la classe di sistemi tecnici il cui comportamento è interpretabile in termini di flusso di sostanza generalizzata (materia, energia-potenza, informazione) il ponte è rappresentabile a tre livelli di astrazione [7]:

1. Livello dei *ruoli* funzionali. A questo livello le equazioni comportamentali vengono

interpretate in termini di ruoli (ad esempio, condotto, barriera, generatore, serbatoio) che i componenti del sistema esercitano sulle sostanze generalizzate (ad esempio, quantità di calore, massa, carica elettrica, flusso magnetico) che li attraversano. Tale interpretazione non è arbitraria in quanto si basa sulla teoria dei *'bond graphs'* [8] nell'ambito della quale sono state identificate analogie formali fra equazioni di domini fisici diversi. È noto, ad esempio, che la legge di Ohm ( $DV = RI$ ), nel dominio elettrico, è analoga alla legge di Fourier nel dominio termico ( $DT = kq$ ). Le variabili, differenza di tensione ( $DV$ ) e differenza di temperatura ( $DT$ ), hanno un medesimo ruolo nel causare un flusso di carica elettrica ( $I$ ) e di calore ( $q$ ) rispettivamente nei due casi<sup>1</sup>. Tutti i componenti che hanno comportamenti descrivibili con equazioni di questa forma vengono rappresentati nel modello funzionale dei ruoli come 'condotti'. Allo stesso componente possono, in generale, essere associati più ruoli sia nello stesso dominio fisico, sia in domini fisici diversi. Un resistore, per esempio, è un condotto nel dominio elettrico e un generatore nel dominio termico. I ruoli associati a componenti diversi del sistema vengono collegati tra di loro mediante relazioni di mutua dipendenza o di influenza.

2. Livello dei *processi*. Descrive il comportamento di un sistema in termini di processi di trasporto e di bloccaggio di sostanze generalizzate e di carica-scarica di serbatoi in domini fisici diversi. Il processo fisico di 'riscaldamento dell'acqua' nel sistema pentola con acqua è un esempio di carica di un serbatoio (l'acqua) con una sostanza generalizzata (calore). Ogni tipo di processo è caratterizzato da una precisa configurazione di ruoli funzionali (detta cofunzione) e ha precondizioni ed effetti. Il processo di carica di un serbatoio, per esempio, è caratterizzato da una cofunzione costituita da almeno un generatore (nel nostro caso, il fornello), uno o più condotti (il fondo della pentola) e un serbatoio (l'acqua). La precondizione del processo è l'esistenza di una differenza di temperatura tra generatore e serbatoio, l'effetto consiste nella presenza di un flusso di sostanza che riempie il serbatoio fintantoché la precondizione rimane vera. I processi associati al sistema vengono collegati tra di loro mediante relazioni di causazione, supporto e regolazione.

3. Livello dei *fenomeni*. Descrive il comportamento del sistema in termini di configurazioni di processi fisici. Analogamente al concetto di processo, un fenomeno è caratterizzato dalla configurazione dei processi che lo costituiscono (detta organizzazione), ha precondizioni ed effetti. Questo livello di interpretazione del comportamento interviene in sistemi complessi in cui determinate configurazioni di processi costituiscono concetti a livello più astratto (equilibrio dinamico, oscillazione, ecc.).

Gli scopi del sistema (descritti nel modello teleologico) vengono soddisfatti mediante i fenomeni (o i processi, nei sistemi più semplici) descritti nei modelli funzionali. La corrispondenza tra scopi e fenomeni (o processi) è del tipo N:M ovvero uno scopo può essere soddisfatto da più fenomeni e, viceversa, un fenomeno può partecipare alla realizzazione di più scopi. I modelli funzionali consentono di risolvere i seguenti tipi di pro-

<sup>1</sup> La teoria dei *bond graphs* utilizza il concetto di 'flusso di calore' anziché il concetto più preciso di 'flusso di entropia'.

blemi: descrizione funzionale (Che ruolo ha la pentola nel processo di riscaldamento dell'acqua?), previsione funzionale (Quali processi saranno ancora attivi se spengo il fornello?), analisi delle dipendenze funzionali (Quale processo causa il raffreddamento dell'acqua?), diagnosi funzionale, interpretazione del comportamento (Che processi sono attivi se la temperatura dell'acqua è di 80°C e la temperatura della stanza è di 20°C?).

- *Conoscenza empirica.* Descrive proprietà del sistema attraverso associazioni empiriche derivate dall'osservazione, dalla sperimentazione e dall'esperienza nell'uso del sistema. Le associazioni empiriche possono riguardare aspetti del sistema di diversa natura epistemologica e possono essere prodotte mediante un processo di compilazione delle attività di ragionamento più frequenti o più utili. In tal modo si ha la possibilità di utilizzare la conoscenza empirica come scorciatoia per non ricorrere a rappresentazioni più profonde (ad esempio, ai modelli comportamentali) nel risolvere i problemi più comuni e meglio conosciuti.

*Generalità.* Descrive il livello di una data concettualizzazione rispetto ad una gerarchia tipologica di concettualizzazioni dello stesso tipo ontologico ed epistemologico. Ad esempio, il concetto strutturale 'componente' è più generale del concetto 'componente elettrico' che, a sua volta, è più generale del concetto 'resistore'; il concetto comportamentale 'forza generalizzata', usato nella teoria dei *bond graphs*, è più generale dei concetti 'tensione', 'pressione', 'forza', e 'affinità' che ne rappresentano una specializzazione nei rispettivi domini elettrico, idraulico, meccanico (traslazionale), e chimico; il concetto funzionale 'processo' è più generale del concetto 'trasporto' che a sua volta è una generalizzazione del concetto 'conduzione elettrica'.

*Copertura fenomenica.* Descrive il numero e il tipo di fenomeni che possono essere rappresentati mediante una data concettualizzazione e il tipo di semplificazioni che essa presuppone. È evidente che se una concettualizzazione non include i concetti relativi ad una certa classe di fenomeni non potrà mai essere usata per descrivere o ragionare su di essi. Per esempio, una concettualizzazione di tipo epistemologico comportamentale per la rappresentazione di circuiti elettrici può includere le entità  $C = \{\text{tensione (V), forza elettromotrice (E), corrente (I), resistenza (R), costante (c)}\}$ , le equazioni fisiche  $R = \{V = RI, E = c, \sum I = 0, \sum V + \sum E = 0, R = c\}$ , e gli attributi  $A = \{\text{valore di una grandezza, unità di misura}\}$  con i domini  $D(\text{valore}) = \{\text{insieme dei numeri reali}\}$  e  $D(\text{unità}) = \{\text{volt, ampere...}\}$ .

Questa concettualizzazione può essere usata per descrivere il fenomeno della conduzione elettrica nei circuiti in regime stazionario, ma è insufficiente per descrivere il fenomeno dell'induzione magnetica della corrente che fluisce in un conduttore, o la dipendenza della resistenza dalle proprietà geometriche di un conduttore. Inoltre, uno stesso aspetto della realtà fisica può venire descritto a diversi livelli di accuratezza usando equazioni più o meno approssimate. Il vapore acqueo che si trova nella pentola sul fuoco, può, ad esempio, essere rappresentato sia utilizzando la legge dei gas perfetti

$PV=nRT$  sia utilizzando la legge di van der Waals  $(p+a/V^2)*(V-b)=nRT$  che tiene conto esplicitamente delle forze attrattive ( $a$ ) e del covolume ( $b$ ) delle molecole di gas.

*Risoluzione.* Descrive il grado di precisione nei risultati derivabili ragionando con una data concettualizzazione. La risoluzione è legata al numero di valori distinti che gli attributi di una data concettualizzazione possono assumere e, quindi, alla cardinalità dei rispettivi domini. Per esempio, la risoluzione della concettualizzazione illustrata nel punto precedente può essere ridotta sostituendo il dominio  $D(\text{valore})=\{\text{insieme dei numeri reali}\}$  associato all'attributo 'valore di una grandezza' col nuovo dominio  $D^*(\text{valore})=\{\text{negativo } (-), \text{ zero } (0), \text{ positivo } (+)\}$  usato nell'algebra dei segni. Col nuovo dominio non è più possibile distinguere tra due valori diversi di una grandezza se entrambi sono positivi o negativi. Non è neppure possibile calcolare il risultato di una somma di grandezze se queste hanno valori diversi (una positivo e l'altra negativo). Nell'ambito del ragionamento qualitativo sono state proposte diverse algebre qualitative che rappresentano un continuum di livelli di risoluzione tra l'algebra dei reali e quella dei segni.

*Dettaglio.* Descrive il livello di granularità delle entità e delle relazioni di una concettualizzazione. Per esempio, una concettualizzazione di tipo strutturale per la rappresentazione di dispositivi elettronici può includere componenti a livello di sottosistemi (filtro, amplificatore, oscillatore, ecc.) oppure, ad un livello di dettaglio maggiore, può far uso di componenti elementari (resistore, transistor, diodo, ecc.).

La costruzione di un modello implica sempre l'adozione di una prospettiva o livello di osservazione. Come ha scritto Negrotti [9]: *“seguendo una posizione soggettivistica o costruttivistica, potremmo considerare i livelli di osservazione come un espediente necessario della mente umana la quale, per la sua intrinseca natura, può ideare o selezionare, per ciascuna unità di tempo, classi omogenee o livelli di una realtà la quale, di per se, costituisce però qualche cosa di continuo, priva quindi di livelli discreti”*.

Nell'ambito dell'analisi proposta una *prospettiva* è definita dall'insieme di scelte operate dal modellizzatore rispetto a ciascuna delle dimensioni sopra descritte (tipo ontologico, epistemologico, copertura, risoluzione, generalità e dettaglio della concettualizzazione). Nello spazio astratto definito da tali dimensioni, una particolare prospettiva è rappresentata, quindi, da un punto. È possibile, allora, confrontare prospettive diverse (e di conseguenza i modelli che le incorporano) e affermare, per esempio, che una è più astratta dell'altra, che è più generale, che ha maggiore copertura, dettaglio o risoluzione in base alla loro posizione reciproca rispetto a ciascuna dimensione nel suddetto spazio. Infine, l'analisi condotta consente di definire un insieme di *operazioni di trasformazione* di modelli, in base all'effetto che tali operazioni hanno lungo ciascuna delle dimensioni. Queste operazioni (e le corrispondenti inverse) sono riassunte nella tabella seguente.

<i>Dimensione</i>	<i>Operazione (e sua inversa)</i>
Tipo epistemologico	Astrazione concettuale (Concretizzazione concettuale)
Risoluzione	Astrazione di valori (Concretizzazione di valori)
Generalità	Generalizzazione (Specializzazione)
Copertura fenomenica (numero di fenomeni rappresentati esplicitamente)	Riduzione (Espansione)
Copertura (accuratezza delle relazioni usate per rappresentare i fenomeni rilevanti)	Approssimazione (Elaborazione)
Dettaglio	Aggregazione (Raffinamento)

### *Il linguaggio di rappresentazione*

Scegliere un linguaggio di rappresentazione significa scegliere il formalismo mediante il quale un corpo di conoscenze relative al sistema in esame viene rappresentato.

È possibile identificare varie classi di formalismi per la rappresentazione dei sistemi tecnici:

- formalismi matematici di tipo convenzionale: l'algebra, le equazioni differenziali (ordinarie, parziali), le equazioni alle differenze, gli automi a stati finiti, le catene di Markov, ecc.;
- formalismi matematici di tipo qualitativo: la fisica qualitativa, l'algebra dei segni, l'algebra degli ordini di grandezza, la teoria degli insiemi sfumati (*fuzzy sets*), ecc.;
- formalismi logici: la logica proposizionale, la logica dei predicati del primo ordine, le logiche modali, ecc.;
- linguaggi di programmazione tradizionali: *Basic*, *Fortran*, *Pascal*, *C*, ecc.;
- linguaggi specializzati per la rappresentazione della conoscenza: le regole di produzione, le reti semantiche, le cornici (*frames*) e le sceneggiature (*scripts*);
- linguaggi grafici (diagrammi, grafi di flusso, schemi, ecc.);
- linguaggi naturali, ecc.

La scelta di un particolare linguaggio di rappresentazione è spesso legata ad assunzioni ontologiche precise. In Intelligenza Artificiale, per esempio, la scelta della logica formale al posto delle regole di produzione per la rappresentazione della conoscenza presuppone, molto spesso, concezioni diverse sulla natura del ragionamento 'intelligente' assimilabile, nel primo caso, al ragionamento logico razionale e, nel secondo caso, al ragionamento empirico, incerto ed approssimato. In effetti, ogni linguaggio di rappresentazione si basa su un insieme di primitive concettuali e su un sistema notazionale. Ad esempio, il linguaggio ER (Entity Relationship) che viene usato tipicamente per la modellizzazione concettuale delle basi di dati, ma non solo, utilizza i concetti di entità tipo, di associazione tra entità, di attributo (concetti che costituiscono la cosiddetta ontologia di rappresentazione). Questi concetti vengono espressi mediante specifiche notazioni grafiche (ad esempio un'entità tipo è rappresentata da un rettangolo, una associa-



zione da un rombo). Il linguaggio non è neutro rispetto alla modellizzazione in quanto, attraverso le sue primitive concettuali, permette di ‘vedere’ il mondo e di descriverlo in un certo modo specifico (ad esempio in termini di entità e relazioni) e non in altri.

### **L’uso di modelli diversi di uno stesso sistema per il ‘*problem solving*’**

Da un punto di vista cognitivo, analizzando l’attività di ragionamento su sistemi tecnici, normalmente svolta da esperti umani, si possono notare parecchi indizi a favore dell’impiego combinato di modelli mentali eterogenei [10]. Infatti, disporre di più modelli dello stesso sistema è un modo per ridurre la complessità e rendere quindi più agevoli i processi di soluzione di certi problemi (come la diagnosi, il controllo, la progettazione) che possono trarre vantaggio dalla possibilità di riformulare il problema in modi diversi (in termini di relazioni strutturali tra le parti del sistema, relazioni causali tra variabili, principi di funzionamento, scopi progettuali, ecc). Per quanto riguarda le modalità d’uso, si è visto, inoltre, che gli esperti utilizzano i vari modelli mentali del sistema in maniera integrata e flessibile e sono in grado di muoversi dinamicamente tra queste differenti rappresentazioni ogniqualevolta lo ritengono necessario od opportuno. Da questi studi è stato possibile ipotizzare l’applicazione del seguente paradigma astratto di ragionamento nell’attività di *problem solving* su sistemi tecnici:

1. formulazione del problema da risolvere;
2. scelta del modello (tra quelli disponibili) in cui il processo di risoluzione del problema può essere appropriatamente iniziato (*selezione del modello guidata dal problema*); se non viene trovato nessun modello appropriato, allora si cerca di riformulare il problema: se il problema può essere appropriatamente ridescritto, si ritorna al passo 2, altrimenti il processo di risoluzione termina con un fallimento;

3. i risultati parziali eventualmente resi disponibili da passi precedenti del ragionamento vengono importati nel modello scelto e si cerca una soluzione all’interno del modello fino a quando si verifica una delle tre seguenti condizioni:

- 3.1. viene trovata una soluzione del problema completa e accettabile; in questo caso, il processo di ragionamento termina con successo;

- 3.2. vengono trovati dei risultati parziali, ma il processo di risoluzione non può continuare all’interno del modello scelto (la conoscenza relativa è insufficiente o inappropriata per risolvere l’intero problema in esame) e sorge la necessità di passare dal modello correntemente utilizzato ad un altro: in questo caso, si sceglie un modello in cui il processo di risoluzione possa essere continuato (*selezione del modello guidata dal fallimento*), si riformula il problema, si esportano i risultati parziali ottenuti, e si torna al passo 3;

- 3.3. vengono trovati dei risultati parziali e il processo di risoluzione potrebbe continuare all’interno del modello scelto, ma i risultati trovati suggeriscono l’opportunità di passare dal modello correntemente utilizzato ad un altro considerato più vantaggioso per continuare il processo di risoluzione: in questo caso, si sceglie il modello in cui il processo di risoluzione può essere continuato (*selezione del modello guidata dall’opportunità*), si riformula il problema, si esportano i risultati parziali ottenuti, e si torna al passo 3.

Dall'analisi del paradigma illustrato risulta evidente che il processo di ragionamento complessivo impiega due livelli diversi di competenza, precisamente:

- competenza a livello di dominio, ovvero competenza rilevante per il ragionamento 'all'interno' di ogni singolo modello e riguardante la parte principale del passo 3 del paradigma proposto;
- competenza a livello di controllo, ovvero competenza rilevante per il ragionamento 'fra' i modelli disponibili, necessaria per ottenere un comportamento del sistema cooperativo e globalmente consistente, e riguardante i passi 2, 3.2 e 3.3 del paradigma proposto.

Una caratteristica fondamentale del precedente paradigma di ragionamento è che il lavoro eseguito all'interno di ciascun modello dipende strettamente da quello già svolto all'interno di altri modelli: i risultati parziali ottenuti vengono esportati/importati tra i modelli ed usati per vincolare e continuare il processo di ragionamento. Il ragionamento con più modelli introduce due problemi cruciali:

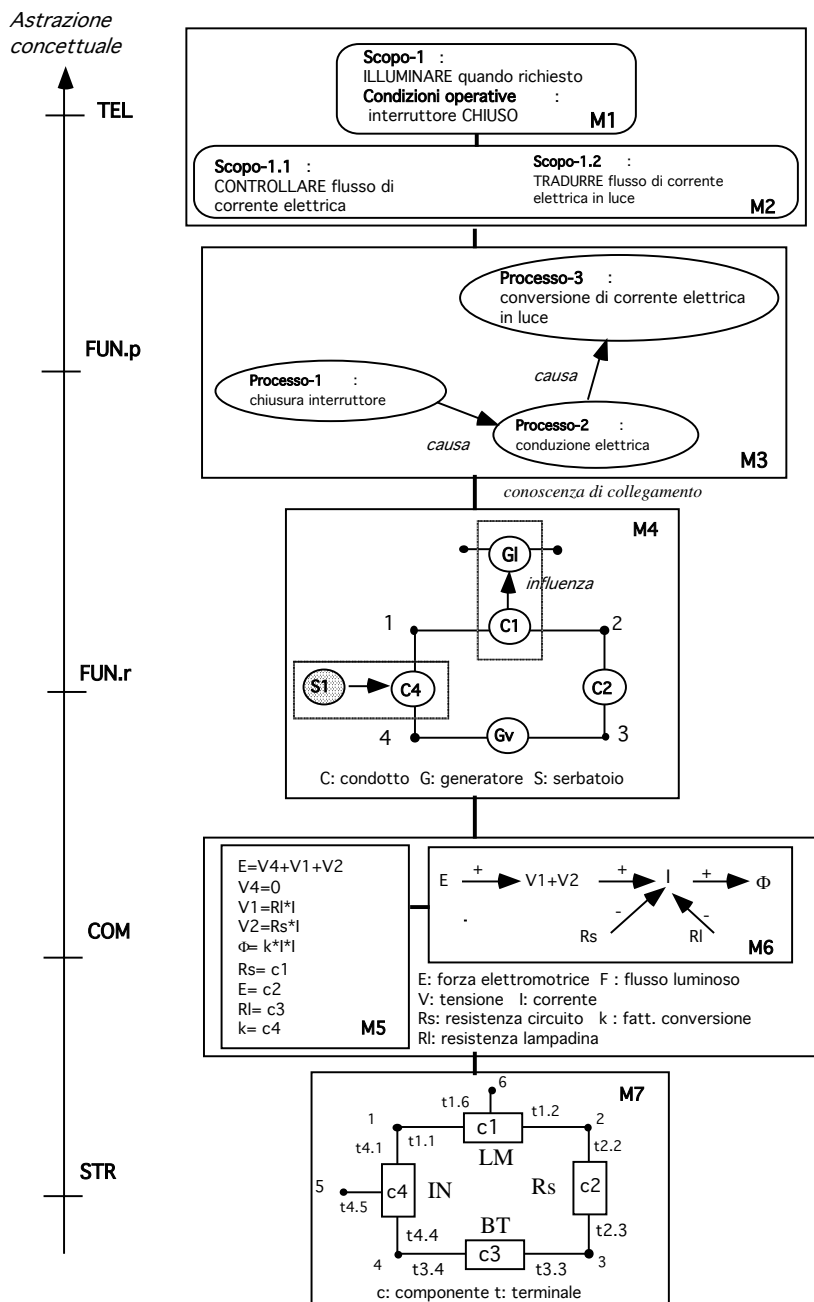
1. Come usare in maniera efficace conoscenze eterogenee codificate in modelli diversi?
2. Come scegliere il modello più appropriato per svolgere una data attività di ragionamento?

Per quanto riguarda il primo problema, poiché i modelli rappresentano uno stesso oggetto, ma da diverse prospettive, è necessario specificare quali conoscenze in un modello corrispondano a quali altre conoscenze in un altro modello e, nel caso i due modelli considerati utilizzino tipi ontologici o epistemologici differenti, introdurre delle 'regole di traduzione' tra i concetti di base delle rispettive concettualizzazioni. Come già detto, riprendendo l'esempio iniziale della pentola sul fuoco, le equazioni:

$E_c = \Sigma 1/2 mv^2$  e  $E_c = 3/2 k T$  che legano l'energia cinetica delle singole molecole d'acqua ( $1/2 mv^2$ ) alla temperatura ( $T$ ) fanno da 'ponte' tra la una concettualizzazione dell'acqua di tipo microscopico e una di tipo macroscopico. Queste conoscenze 'di collegamento' tra modelli di uno stesso sistema fisico sono il presupposto fondamentale che ne permette un uso cooperativo e consistente.

Per quanto riguarda il secondo problema può verificarsi il caso che più modelli siano in grado di supportare l'attività richiesta (si parla, allora, di competizione tra modelli). La scelta del modello più utile, in questo caso, non può basarsi solamente sul tipo di problema da affrontare, ma deve tener conto dei requisiti imposti alle soluzioni. Se, per esempio, sono disponibili più modelli in grado di fornire una spiegazione causale del comportamento di un sistema sarà necessario scegliere un modello tra di essi in base al livello ontologico ed epistemologico, la generalità, il dettaglio ecc. che riteniamo appropriati per la spiegazione richiesta. A tal fine è necessario incapsulare ogni modello in un *contesto* che rende esplicite le assunzioni (scopo, applicabilità, prospettiva, formalismo usato) su cui si fonda. L'uso dei contesti permette: di valutare la rilevanza e l'adequatezza di un modello rispetto una data attività di ragionamento e rispetto ai requisiti imposti alle soluzioni attese, identificare le dimensioni lungo le quali il modello corrente andrebbe eventualmente modificato perché risulti più utile, confrontare tra loro due modelli e scegliere il più adatto al compito considerato.

## Un esempio di rappresentazione multimodello



La figura illustra un esempio di rappresentazione multimodello di un semplice circuito elettrico costituito da una batteria (BT), un interruttore (IN), una lampadina (LM) e un resistore variabile (Rs) connessi tra di loro in serie. La rappresentazione è stata costruita allo scopo di risolvere problemi di tipo descrittivo riguardanti il sistema in oggetto. Mediante l'uso di un formalismo grafico, vengono mostrati sette modelli del sistema: M1 e M2 sono due modelli teleologici con diverso livello di dettaglio, M3 ed M4 sono due modelli funzionali che rappresentano il sistema in termini, rispettivamente, di processi e di ruoli funzionali, M5 è un modello comportamentale quantitativo mentre M6 è un modello comportamentale qualitativo che descrive come le variabili del sistema si influenzano vicendevolmente e il tipo di influenza (+: le variabili cambiano nello stesso verso; -: le variabili cambiano in versi opposti). M7, infine, è un modello strutturale. Nel costruire i modelli sono state fatte diverse assunzioni. Per esempio, tutti i modelli descrivono il sistema in oggetto supponendo che l'interruttore sia chiuso e i componenti non siano guasti (applicabilità); si ipotizza che i fenomeni termici e quelli magnetici legati alla conduzione elettrica siano irrilevanti e, quindi, possano essere ignorati (copertura); si assume che le resistenze del circuito abbiano un valore costante indipendente dalla temperatura, ecc. I modelli sono collegati tra di loro tramite legami (per semplicità non esplicitati nella figura). Per esempio, il collegamento tra il modello M1 (teleologico) e il modello M2 (teleologico) descrive come lo scopo principale (*illuminare* quando richiesto) viene decomposto ad un livello di dettaglio maggiore nei due sottoscopi (*controllare* e *tradurre*). Il legame tra i modelli M2 (teleologico) e M3 (funzionale) associa a ciascun sottoscopo il processo, o i processi, che lo realizzano. Per esempio, lo scopo *tradurre* è associato a due processi: un processo di conduzione elettrica e uno di conversione dell'energia elettrica in energia luminosa.

Il legame tra i modelli M3 e M4 (entrambi funzionali) associa a ciascun processo in M3, la rete di ruoli funzionali che lo descrive in M4. Il legame tra i modelli M4 e M5 associa a ciascun ruolo l'equazione fisica (fenomenologica) di cui il ruolo è una interpretazione. Per esempio, il condotto (C2), nel modello M4, è associato alla equazione ( $V2=R_s \cdot I$ ) in M5, il generatore (G1) è associato alla equazione ( $F=kI^2$ ), e così via. Infine, il legame tra i modelli comportamentali M5 (e M6) e il modello strutturale M7 associa le variabili, i parametri e le equazioni descritte nei modelli comportamentali ai rispettivi terminali e componenti nel modello strutturale.

Ogni modello può essere usato sia singolarmente, per risolvere una specifica classe di problemi descrittivi strettamente legati al tipo di conoscenza in esso codificata, sia assieme agli altri modelli cui è collegato per risolvere problemi che coinvolgono conoscenze di tipo epistemologico diverso. Percorrendo la catena di relazioni tra i modelli dall'alto al basso è possibile spiegare, per esempio, *come* uno scopo è stato realizzato nel sistema in esame in termini di sottoscopi, processi, ruoli, equazioni e componenti. Viceversa, percorrendo i legami dal basso all'alto è possibile interpretare il comportamento di un componente o di un sottosistema in termini sempre più astratti e spiegare il *perché* (la ragione, in termini teleologici) di una data soluzione strutturale. Questi tipi di ragionamento sono fondamentali sia per comprendere il funzionamento di un arte-

fatto, sia per confrontare varianti dello stesso artefatto che utilizzano processi fisici o soluzioni strutturali differenti per realizzare gli stessi scopi.

Più in generale, la *navigazione* tra modelli favorisce l'acquisizione di diverse regole empiriche che possono essere usate non solo per ragionare sugli artefatti, ma anche per progettare nuovi artefatti. Per esempio, se si percorre la catena di modelli dal basso all'alto (dal modello M7 al modello M3) è possibile derivare (per induzione) la regola seguente:

*SE* una batteria è connessa ai capi di un circuito formato da un interruttore chiuso collegato, in serie, ad una lampadina e ad un resistore e si suppone che i componenti non siano guasti

*ALLORA* è presente nel circuito un processo di conduzione elettrica che causa un processo di conversione di corrente elettrica in luce.

Una regola del tipo "*SE* p1 *ALLORA* p2" può essere usata sia deduttivamente per derivare p2 ogniqualevolta p1 è vero sia abduttivamente per ipotizzare p1 quando p2 è vero. Entrambe queste modalità d'uso della regola sono rilevanti per la progettazione: la deduzione può venir usata nella fase di valutazione di un progetto per derivare le conseguenze di una data soluzione strutturale, l'abdizione può venir usata nella fase di sintesi per proporre una soluzione progettuale in grado di soddisfare una data specifica espressa in un linguaggio astratto (funzionale o teleologico). Nell'esempio in esame, se la funzione desiderata è quella di convertire un flusso di corrente elettrica in luce allora un circuito composto da una batteria connessa in serie ad un interruttore chiuso, una lampadina, e una resistenza rappresentano una valida soluzione strutturale (sebbene non l'unica!). Infine, l'uso di rappresentazioni multiple di oggetti diversi favorisce l'acquisizione di abilità fondamentali per lo sviluppo della creatività e in particolare, del ragionamento analogico.

## Conclusioni

L'analisi svolta nei paragrafi precedenti consente di delineare un primo quadro di riferimento che può essere usato per classificare e organizzare le conoscenze relative ai sistemi tecnici. È bene sottolineare che si tratta solo di una proposta (peraltro incompleta) soggetta, pertanto, ad ulteriori approfondimenti, modifiche, integrazioni, adattamenti. L'obiettivo non è tanto quello di fornire un metamodello completo e rigido, ma piuttosto quello di dare alcune indicazioni affinché ciascun insegnante, se lo riterrà utile, possa costruirsi uno a seconda delle proprie esigenze ed obiettivi. A tal proposito è importante scegliere, per la rappresentazione multi modello, artefatti semplici in modo da evidenziare soprattutto i contenuti metodologici dell'approccio rispetto ai contenuti specifici di natura tecnica. Proprio per questo, inoltre, l'analisi multiprospettica degli artefatti, andrebbe affrontata, a nostro parere, nella scuola secondaria di primo grado, quando si forma una 'sensibilità' tecnologica di base, piuttosto che nei gradi successivi di scuola nei quali si affrontano settori specifici della tecnica al fine di trasmettere abilità specialistiche professionalizzanti.

È possibile, a questo punto, riassumere alcune caratteristiche dell'analisi epistemica descritta nel presente lavoro:

- le conoscenze relative agli artefatti sono classificate e strutturate in maniera gerarchica secondo varie dimensioni;
- uno stesso sistema tecnico viene rappresentato in maniera multiprospettica mediante modelli eterogenei interconnessi da conoscenze di collegamento. L'approccio integra i modelli convenzionali (matematici quantitativi) con modelli qualitativi (es. strutturali, funzionali, causali, comportamentali qualitativi);
- per ciascun modello sono esplicitati i presupposti e le assunzioni di base che lo fondano nonché il tipo di attività di ragionamento che è possibile svolgere con la conoscenza in esso codificata e le condizioni per la sua applicabilità (contesto). L'uso di modelli qualitativi permette di introdurre forme di ragionamento qualitativo (es. propagazione di valori qualitativi attraverso una rete di vincoli, spiegazione causale);
- i modelli disponibili sono usati in maniera cooperativa per la soluzione di problemi relativi all'artefatto modellizzato. La navigazione tra modelli di diverso livello epistemologico, generalità, dettaglio, risoluzione e copertura fenomenica consente di attivare processi inferenziali di tipo diverso (es. astrazione-concretizzazione, generalizzazione-specializzazione, aggregazione-raffinamento, approssimazione-elaborazione) e attuare strategie di ragionamento diversificate.

Un'applicazione dell'approccio proposto è stata descritta recentemente in [11,12]. In questi lavori si illustra il prototipo *MMforTED* (*MultiModelling for Technical Education*), un sistema istruzionale finalizzato alla acquisizione di ontologie (sistemi di concetti e relative realizzazioni terminologiche) che possono essere usate per descrivere, comprendere e spiegare la struttura, il comportamento e il funzionamento di semplici artefatti tecnici. Il sistema mette a disposizione dello studente uno spazio informativo, realizzato mediante ipermedia, costituito da una collezione di esempi (casi) di semplici artefatti. Ciascun esempio è descritto, secondo l'Approccio *Multimodeling*, mediante una rete di modelli che rappresentano l'oggetto considerato da diverse prospettive concettuali. Modelli appartenenti a casi diversi sono collegati tra di loro da legami associativi di vario tipo che permettono di illustrare varianti e analogie esistenti tra artefatti. L'insieme dei modelli e delle reciproche relazioni costituiscono una specie di 'paesaggio concettuale' che può essere attraversato in varie direzioni a seconda del tipo di problema o obiettivo didattico si stia cercando di risolvere o realizzare. Sono possibili due tipi principali di navigazione:

- navigazione all'interno di un caso: lo studente può acquisire flessibilità cognitiva essendo esposto a interpretazioni (prospettive) multiple di uno stesso oggetto.
- navigazione tra casi: lo studente può acquisire la capacità di trasferire conoscenze da un contesto all'altro essendo esposto a manifestazioni multiple della stessa interpretazione (prospettiva).

Oltre ai modelli, lo spazio informativo mette a disposizione dello studente un repertorio di domande pertinenti adatte ad analizzare i casi dalle diverse prospettive, un insieme di esercizi e l'insieme di ontologie usate per costruire i modelli.

## Bibliografia

- [1] Dario Ianes (a cura di), *Metacognizione e insegnamento. Spunti teorici ed applicativi*, Centro Studi Erickson, Trento, 1996.
- [2] Alan Van Heuvelen, *Learning to think like a physicist: a review of research-based instructional strategies*, "Am. J. Physics", 59 (10), pp. 891-897, 1991.
- [3] J. H. Larkin, J. McDermott, D. Simon, H. A. Simon, *Expert and novice performance in solving physics problems*, "Science" 208, pp. 1135-1342, 1980.
- [4] Rouse e al., *Role of mental models in team performance*, "IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics", 22 (6), pp. 1298-1307.
- [5] P. Borst e al., *The PhysSys Ontology for physical systems*, "Proc. Ninth International Workshop on Qualitative Reasoning", QR-95, Amsterdam, pp. 11-22, 1995.
- [6] A. Kumar (Editor), *Reasoning about Function*, "Proc. AAAI-93 Workshop on Reasoning about Function", Washington, 1993.
- [7] L. Chittaro, G. Guida, C. Tasso, and E. Toppano, *Functional and teleological knowledge in the Multi-Modeling approach for reasoning about physical systems: a case study in diagnosis*, "IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics", vol. 23, n. 6, pp.1718-1751, 1993.
- [8] H. M. Paynter, *Analysis and Design of engineering systems*, Cambridge, MA: MIT Press, 1961.
- [9] M. Negrotti, *La terza realtà. Introduzione alla teoria dell'artificiale*, Edizioni Dedalo, Bari, 1997.
- [10] M. I. Bauer, B. Reiser, *Incremental envisioning: The flexible use of multiple representations in complex problem solving*, "Proc. 12th Conf. Cognitive Science Soc.", Cambridge, MA, pp. 317-324, 1990.
- [11] E. Toppano, *A representational framework for supporting multiple perspectives in technical education*, in "Artificial Intelligence in Education. AI-ED in the wired and wireless future", IOS Press, pp. 604-607, 2001.
- [12] E. Toppano, *MMforTED: A cognitive tool fostering the acquisition of conceptual knowledge about artefacts*. "ITS2002 International Workshop: Model based Educational Systems and Qualitative Reasoning. The next generation", San Sebastian, Spain, pp. 96-105, 2002.

---

## PROPOSTE DIDATTICHE NELLA FORMAZIONE DI BASE

---

Giovanna Alcaro\*

\*Docente, Liceo 'Laura Bassi' - Bologna

### Per una formazione tecnologica orientata all'interdisciplinarietà

In un contesto socio-economico in cui siamo circondati di artefatti tecnologici e i modelli di lavoro non hanno una configurazione stabile, ma richiedono un uso versatile e intelligente delle risorse, risulta necessario non solo ascrivere un ruolo più forte e incisivo alla tecnologia nella formazione di base e successiva, considerando che la formazione tecnologica in un mondo globalizzato sempre più pervaso dalle tecnologie è una delle questioni decisive per lo sviluppo, ma anche, elaborare *un modello di insegnamento-apprendimento della disciplina che, lungi dall'essere esecutivo, si curvi all'esigenza di formare soggetti* che diventino o meno imprenditori futuri, dalle capacità duttili e con una formazione basata sull'acquisizione di competenze trasversali tra i saperi.

Così come la tecnologia porta discipline, aziende, etnie separate a collaborare, l'educazione alla tecnologia a scuola deve offrire ai ragazzi non solo la possibilità di vedere le stesse cose da più prospettive ma, data la complessità che la dimensione tecnologica ha assunto nelle moderne società postindustriali, questa *area disciplinare deve guidare i giovani alla formazione di una coscienza tecnologica* intesa non solo come assunzione di conoscenze e competenze disciplinari, ma come accesso alla conoscenza che, attraverso problemi e consegne concreti - quali anche la progettazione e realizzazione di artefatti e modelli e la valutazione di un'ottimizzazione delle risorse e dell'impatto ambientale che da artefatti e processi di produzione derivano - conduca all'acquisizione di una serie di competenze interdisciplinari e trasversali.

In definitiva, se è dalle cose e dalla manipolazione di oggetti che inizia a prendere forma il pensiero tecnologico, operando sugli artefatti è possibile mettere in atto un sapere proveniente da diversi ambiti e contesti della realtà e riferito a più livelli di conoscenza, in cui si proietta l'azione verso il futuro della *dimensione progettuale della tecnologia*. La crescita della complessità e l'enorme sviluppo dei saperi richiede tuttavia che a *un sapere tutto risolto nella manualità esecutiva ed addestrativa si sostituisca un sapere colto*, in cui, nel quadro degli obiettivi formativi della tecnologia, al *sapere* e *saper fare* devono aggiungersi il *saper scegliere*, *saper decidere* e *saper valutare*, *saper essere*. Così come la produzione tecnologica nasce spesso da un problema concreto e trasforma i concetti in oggetti, parallelamente l'educazione alla tecnologia deve occuparsi non tanto di macchine e artefatti in quanto tali, quanto del *pensiero* che è alle prese con essi. Parlare di tecnologia significa quindi parlare di un processo che ha accompagnato storicamente l'uomo fin



dai primordi e che è quindi intriso di aspetti formativi, impossibile oggi da considerare settorialmente, in quanto attività produttiva che riguarda l'essere umano nel suo quotidiano, intento non solo a porre attenzione all'ottimizzazione delle risorse per soddisfare le proprie necessità, ma anche a *considerare finalmente la qualità della propria vita e delle generazioni future*. Ciò porta alla necessità di considerare *l'educazione alla tecnologia come dimensione fondante di un cittadino competente, cosciente e responsabile*.

### **L'attuale approccio alla tecnologia come disciplina scolastica**

“Non insegnare le discipline, ma insegnare con le discipline” ha sostenuto spesso Jerome Bruner. Questa indicazione risulta concretizzarsi nell'attuale approccio all'educazione alla tecnologia quale risulta ad esempio dall'insegnamento-apprendimento per modelli logici di Maria Famiglietti, dalle progettazioni curriculari esito di ricerche autorevoli in materia effettuate dagli ex-IRRSAE Emilia Romagna, Marche, Friuli Venezia Giulia, Basilicata e Sicilia, e, in parte, da alcuni aspetti delle *Indicazioni nazionali* del 2004. Queste proposte mostrano come nell'educazione alla tecnologia oggi la disciplinarietà non sia un contenuto e non si risolva nell'imparare determinati argomenti, ma produca negli allievi un abito comportamentale permanente ed attivi competenze trasversali impegnate nella progettazione realizzazione, analisi, comunicazione e valutazione su artefatti, materiali e processi. Vediamo ora, in sintesi, gli aspetti a nostro avviso più qualificanti delle proposte didattiche prima accennate.

### **La proposta multiprospettica di Vittorio Marchis**

L'itinerario didattico di Vittorio Marchis costituisce un tentativo interessante di orientamento dell'insegnamento della tecnologia che supera i tradizionali confini della materia. Questo sconfinamento, tuttavia, presenta il limite di risultare più l'esito esterno di una progettualità orientata oltre la dimensione disciplinare che non il risultato dell'attivazione di competenze interdisciplinari interne e necessarie ad una formazione tecnologica. L'idea di fondo di Marchis è che si debba partire dalla tecnologia come attività progettuale e senza confini disciplinari. Essa da un lato è saldata ai principi delle scienze sperimentali, dall'altro è in simbiosi con tutto l'agire umano e ne soddisfa da sempre una gamma infinita di bisogni attraverso la produzione e l'uso di oggetti.

Un oggetto comunissimo quale ad esempio *una lampadina può costituire un vero e proprio laboratorio per l'apprendimento di concetti, principi, teorie, competenze* via via più complessi.

Nella sua proposta didattica lo studioso prevede che riguardo alla lampadina e ai relativi concetti affini siano utilizzati una serie di materiali diversi come oggetti, definizioni, testimonianze, testi informativi, regolativi e letterari, immagini, ecc. Ecco che i bambini iniziano un percorso di apprendimento non delegato alla memorizzazione di nozioni, ma orientato ad acquisire concetti, mentre i confini tra le discipline si assottigliano progressivamente sino al superamento di molti limiti disciplinari.

### **I modelli logici di Maria Famiglietti**

A giudizio della metodologa Maria Famiglietti, esperta di didattica dell'appren-

dimento che di tali modelli logici è l'autrice (si vedano in proposito le numerose pubblicazioni in merito<sup>1</sup>), se la *tecnologia è produzione intenzionale dell'uomo* che risponde alla soddisfazione di determinate necessità o bisogni, tra le varie esigenze che emergono a tale proposito in ambito formativo vi è quella di sviluppare la *competenza di lettura sia concettuale che procedurale di un artefatto*. La studiosa si è posta di fronte al problema dell'apprendimento sulla scia del cognitivismo costruttivista, al fine di costruire con giovani in età scolare un approccio alla conoscenza strettamente legato alla *presa di coscienza delle operazioni che la nostra mente effettua nel rapportarsi con la realtà*. Da questa ricerca Famiglietti ha progressivamente individuato, da diversi linguaggi e differenti ambiti scientifici, una serie di strumenti logico-formativi in grado di visualizzare le operazioni mentali di analisi spaziale, di relazione, di raccolta e sistemazione dei dati, di analisi delle procedure, in modo da elaborare dei *modelli di accesso e di costruzione autonoma della conoscenza*. Tra i diversi modelli logici, rispetto ai quali si rimanda il lettore al contributo dell'autrice nella presente pubblicazione, risulta di particolare interesse ai fini di questa panoramica il modello denominato R.A.RE.CO (Rappresentazione, Analisi, RELazione, COmunicazione). Secondo l'approccio didattico tradizionale, ad esempio, lo svolgimento di un'attività sull'elettricità si risolveva tutto nella realizzazione grafica e fisica di un circuito elettrico attraverso la simbologia tecnica specifica e l'acquisizione della corretta terminologia dei componenti. Invece, secondo l'approccio del modello R.A.RE.CO - che come vedremo è costituito dall'insieme articolato di più modelli specifici - precisi strumenti operativi della didattica quali grafi, tabelle a doppia entrata, tabelle a colonne promuovono, oltre alla conoscenza dell'oggetto, delle sue parti e delle procedure di funzionamento, una competenza lessicale pertinente, tale che l'alunno che costruisce uno stretto legame tra i termini che denominano i singoli elementi di un oggetto e il suo rapporto con l'uso complessivo, risulta in grado, fruendo degli strumenti didattico-concettuali di cui è stato dotato, di produrre una comunicazione scritta sull'artefatto e sul suo funzionamento.

Il modello R.A.RE.CO si costruisce dall'assemblaggio di distinti e differenti processi mentali<sup>2</sup>, che presiedono ad altrettanti specifici modelli logici finalizzati:

- alla *percezione dell'insieme dell'oggetto e delle sue parti* tramite una rappresentazione visuale grafica o fotografica (*modello descrittivo*);
- alla comprensione della *struttura dell'oggetto* attraverso l'analisi delle parti, realizzata mediante le logiche degli strumenti formativi di rappresentazione di processi di gerarchia, appartenenza, inclusione tramite quindi grafi ad albero, linguaggio degli insiemi,

<sup>1</sup> In particolare si segnalano: M. Secchi Famiglietti, *Didattica e metodologia dell'educazione tecnica*, Edizioni scolastiche B. Mondadori, Milano, 1979; M. Famiglietti Secchi, *Didáctica y Metodología de la Educación Tecnológica*, Homo Sapiens Ediciones, Rosario, 1998, vol. I; *ibidem*, 2000, vol. II; M. Famiglietti, *Scuola-laboratorio e Unità di apprendimento: una prospettiva di crescita e formazione*, in M. Famiglietti, G. Giustolisi (a cura di), *Innovazione e ricerca nella scuola che cresce*, USR Molise, Tecnodid, Napoli, 2006, pp. 93-156.

<sup>2</sup> Si veda M. Famiglietti, *Statuto disciplinare e competenze cognitive*, in M. Famiglietti (a cura di) *Progetto Icaro*, IRRSAE Sicilia, Palermo, 2000.

indice americano, espressione lineare, testo scritto, in una serie di *trasduzioni* da un linguaggio all'altro (*modello strutturale*);

- alla *descrizione dell'oggetto stesso nel suo insieme di parti* e di elementi (*conoscenza dichiarativa*) utilizzando il modello logico mentale dell'organizzazione costruttiva del concetto di un oggetto fisico (denominazione, definizione, funzione, partizioni, caratteristiche) che si definisce *modello C.O.F.*;
- alla descrizione delle *relazioni tra le parti ed elementi* nel flusso di operazioni nel tempo (*conoscenza procedurale*) impiegando a tale scopo una tabella a doppia entrata e un diagramma di flusso lineare (*modello di relazioni fra i dati*).

A questo punto diventa possibile costruire un testo descrittivo per concetti di tutte le parti o elementi della macchina o del sistema. Ciò si ottiene andando a sistemare nelle colonne del modello rispettivamente intestate alla *denominazione, definizione, funzioni, partizioni, caratteristiche* gli *atti linguistici* ad esse corrispondenti. Mentre il testo scritto derivante dall'analisi strutturale dell'oggetto, della macchina e/o degli impianti o sistemi e quello derivante dalla concettualizzazione delle parti e degli elementi ci danno la *descrizione statica* della macchina considerata nei suoi elementi, un altro testo ci dà la *narrazione dinamica* del suo processo di funzionamento. Successivamente è possibile per l'allievo, mediante una pulizia del testo, passare dalla comunicazione paratattica a quella ipotattica discorsiva. Risulta un testo finale costruito e controllato in ogni sua parte, che soprattutto è realizzato dallo studente, che fornisce una conoscenza completa e scientificamente corretta di ciò che ha studiato. Se la tecnologia ha tra le sue dimensioni quella di essere un processo di servizi con una prestazione che esige uno scambio di informazioni e una comunicazione con l'utente del prodotto tecnologico, la messa a punto del modello logico R.A.RE.CO di Maria Famiglietti promuove, oltre alle *competenze di analisi* di macchine ed artefatti e delle dinamiche dei processi di funzionamento, anche una fondamentale *competenza comunicativa* tesa alla lettura dell'artefatto e del processo tecnologico e al trasferimento di informazioni efficace ed efficiente tra emittente e destinatario. Inoltre, come è evidente e come si dirà qui sotto, tale modello logico determina la maturazione di un *metodo di studio* che si può applicare in altre aree disciplinari, dovunque sia richiesto di produrre conoscenze a partire da dati e informazioni che occorre ricercare all'interno di memorie varie.

Dal momento che, come afferma ancora Toppano in questo volume, il modello è un surrogato della realtà che viene costruito per permettere all'osservatore-utente di trarre delle conseguenze sulla realtà, ragionando piuttosto che agendo in essa, per il fatto che ne contiene solo la rappresentazione degli elementi essenziali, l'applicazione del metodo R.A.RE.CO. allo studio dell'artefatto o processo rappresenta la base imprescindibile per promuovere un *pensiero ipotetico-deduttivo* sul funzionamento dell'artefatto, un *pensiero critico-riflessivo* orientato verso il costante superamento dei limiti raggiunti, un *pensiero progettuale* teso ad una soluzione talora divergente e non convenzionale dei problemi tecnologici. Oltretutto per affrontare i vari problemi insiti in un processo produttivo di artefatti risulta preliminare la presenza fondata di *conoscenze dichiarative e procedurali sull'artefatto* e i processi a questo relativi. Sono evidenti i punti di contatto che il metodo dei modelli logici ha con la metodologia dell'apprendimento e quindi

con la didattica di altre discipline. Si pensi ad esempio alle metodologie che si possono applicare all'analisi di un testo letterario al fine di analizzare e comprenderne la struttura, le caratteristiche semantiche, le funzioni testuali, lo scopo comunicativo, il genere di appartenenza, le caratteristiche formali ecc.; oppure all'analisi di un testo filosofico (come la scrivente ha avuto modo di sperimentare con successo nelle proprie classi), di cui si voglia analizzare il problema affrontato dall'autore, l'ambito di appartenenza, la posizione teorica, le argomentazioni o il concetto di civiltà affrontato; o ancora, in storia, a partire da precisi criteri come ad esempio religione, arte, istituzioni legislative, ordinamento politico, abbigliamento, usanze, ecc.

Concludendo, il metodo dei modelli logici rivela una portata 'rivoluzionaria' a livello metodologico, dal momento in cui è utilizzabile, con i dovuti aggiustamenti, in qualsiasi area e/o contenuto disciplinare in cui si voglia:

- analizzare un testo o contesto o fenomeno anche complesso, a partire da criteri precisi e condivisi frutto di una ricerca degli alunni coordinata dall'insegnante;
- mettere in ordine le conoscenze acquisite in uno strumento cognitivo che faciliti la produzione di inferenze e riflessioni autonome degli allievi;
- effettuare riflessioni sulle parti e il tutto;
- procedere alla costruzione di una comunicazione scientificamente corretta e linguisticamente rigorosa del sapere.

### **L'approccio strutturalista alla tecnologia**

Meritano menzione le riflessioni sulle proposte curriculari, frutto di un lungo lavoro di ricerca inter-IRRSAE (1993-2003), concretizzate in numerose pubblicazioni afferenti a due progetti distinti ma collegati: *Techné now e Icaro*. In tali ambiti di ricerca, nel 1999 una serie di studiosi (pedagogisti, linguisti, logici, matematici, filosofi, tecnologi) sono stati invitati a riflettere, all'interno di una prospettiva di *didattica strutturalista*, sul sapere specifico della Tecnologia al fine di individuare i suoi *epistemi o nuclei fondanti*<sup>3</sup>. Come riportato da Cerè nel suo contributo in questa pubblicazione, sono stati in questa fase individuati sei dei nuclei fondanti o epistemi della Tecnologia: *esigenza-bisogno, risorsa, processo, artefatto, controllo, impatto*. Dati per acquisiti gli epistemi, si è orientata la riflessione sulla strutturazione di un curriculum per l'insegnamento della Tecnologia *prioritariamente orientato sulle competenze* e sulla identità formativa in uscita di uno studente che frequenti studi con tale caratterizzazione. Il dibattito sulle competenze fondamentali nel settore ha condotto inizialmente alla convinzione che la formazione tecnologica non può limitarsi al *sapere* e al *saper fare*, ma deve comprendere anche i valori aggiunti del *saper valutare*, del *sapere decidere* e del *sapere essere* a partire da definiti criteri e valori. Si è giunti così a specificare le *competenze ritenute fondamentali in quanto epistemiche della disciplina Tecnologia*.

Assumendo come definizione di competenza *la capacità dinamica del soggetto di far fronte ad una variazione di complessità delle situazioni problematiche*, esse sono state formulate secondo i seguenti standard di prestazione.

<sup>3</sup> Seminario di Urbino, 2000.

*Competenza progettuale:* è acquisita competenza progettuale relativa alla *progettazione di un artefatto che soddisfi una esigenza-bisogno* quando un allievo passa da una capacità di progettare un artefatto conoscendo l'esigenza-bisogno e le risorse alla capacità di:

- progettare un artefatto che soddisfi in modo migliore di tutti gli artefatti esistenti;
- progettare un artefatto che soddisfi in modo diverso ed ottimale rispetto a tutti gli altri artefatti esistenti.

*Competenza inventiva:* è acquisita una competenza inventiva quando un allievo passa dalla capacità di progettare un artefatto che soddisfi uno scopo in modo diverso ed ottimale rispetto a tutti gli altri artefatti esistenti a quella di individuare una nuova esigenza-bisogno dell'uomo progettando al riguardo un artefatto che la soddisfi.

*Competenza scientifica:* è acquisita una competenza scientifica quando lo studente passa dalla capacità di individuare un'ipotesi generale che riguardi le proprietà di un materiale e/o forma di energia o metodo adeguato alla produzione di un artefatto:

- a quella di impostare adeguatamente ed autonomamente un piano di ricerca sperimentale-quantitativo, dimostrativo delle proprie ipotesi;
- a quella di validare, sulla base di precisi dati sperimentali, la propria ipotesi fino a teorizzarla.

*Competenza tecnico-valutativa:* si acquisisce una competenza tecnico-valutativa quando un allievo passa dalla capacità di porsi delle domande in merito all'impatto conseguente a determinate scelte e processi tecnologici:

- a quella di impostare adeguatamente un piano di ricerca sperimentale dimostrativo della propria ipotesi;
- a quella di valutare anche tale impatto sulla base di precisi dati sperimentali e/o di argomentazioni di altro genere.

*Competenza gestionale:* si acquisisce una competenza gestionale quando l'allievo è capace di valutare le conseguenze di determinate scelte tecnologiche, di assumere delle decisioni consapevoli, di argomentare tali scelte passando da scelte che avvengono sulla base di un criterio stabilito:

- a scelte che avvengono sulla base di criteri diversi;
- a scelte che avvengono sulla base di criteri contrastanti sulle quali il tecnologo sia capace di guadagnarsi il consenso.

*Competenza tecnico-valoriale:* si acquisisce una competenza tecnico-valoriale quando si passa dalla capacità di confrontare due artefatti sulla base di uno tra i paradigmi dell'efficienza, ottimizzazione, rendimento, affidabilità:

- alla capacità di modificare un processo, un artefatto aumentandone l'efficienza scegliendo un paradigma tra i tre precisati;

- alla capacità di modificare un processo o artefatto aumentandone l'efficienza sulla base di più di un paradigma e definendone i criteri.

Occorre osservare come il perseguimento delle competenze suddette risulti attivare precise abilità di pensiero (logico, deduttivo, inferenziale, previsionale, ecc.) utilizzabili in altre discipline, laddove si richieda piuttosto che l'acquisizione meccanica di concetti e nozioni la produzione di un sapere autonomo.

Per fare solo dei brevi cenni, se la *competenza progettuale* si fonda sulle abilità di pensiero che derivano dal *problem solving* e la competenza inventiva su quelle che derivano dal *problem posing*, intese le prime come capacità di individuare strategie per risolvere i problemi, le seconde come strategie intese a negare i dati tangibili di un problema al fine di ipotizzare nuove e possibili soluzioni, allora non vi è disciplina che ne sia esente e che sia capace di progredire senza la padronanza esperta di queste abilità.

La *competenza scientifica* perseguita in Tecnologia presuppone in generale, secondo le teorizzazioni della più recente epistemologia contemporanea di Popper e di Feysabend, la capacità di individuare delle ipotesi relative ad un fenomeno e verificarle o confutarle riproducendo in laboratorio le condizioni necessarie alla trasformazione di cui si occupano o, in riferimento ad altre discipline, la capacità di utilizzare nelle varie discipline metodi, tecniche e strumenti per svolgere ricerche settoriali

M. Famiglietti, in un contributo pubblicato nel testo *Progetto Icaro, Verso la distinzione tra pensiero scientifico e pensiero tecnologico*, titola così il paragrafo iniziale: *Leggere la natura e leggere l'artefatto: due modalità distinte, ma correlate*. Categorie di analisi quali *denominazione, struttura, funzione, procedura* sono infatti utilizzabili tanto per un *artefatto* e il suo meccanismo di funzionamento che per un *naturfatto* e il processo fisiologico che lo riguarda. Che esse si utilizzino come criteri di selezione delle informazioni del compasso o della penna *Bic* o della cistifellea o del piloro, l'uso di queste categorie concettuali in riferimento ad elementi ontologicamente diversi non è casuale, ma allude ad una storia della cultura, nella quale l'omologia uomo-macchina, diffusa a partire dal '600 con l'espandersi della concezione meccanicistica della natura, ha ancora un'influenza preponderante. Anche se la fisica studia i fenomeni della natura al fine di descriverli e capirne i perché ricavandone concetti, principi, teorie, e la tecnologia studia invece e produce artefatti attraverso una *riflessione sul come si fa a produrre*, per quali bisogni e finalità, alcune competenze forti della Tecnologia, una volta acquisite, possono essere spese, oltre che nella psicologia sperimentale ed in varie materie che si possono qualificare come scientifiche, anche nelle discipline che riguardano la natura.

*Le competenze tecnico-valutative e gestionali* (fondate sulla capacità di porsi delle domande e valutare le competenze di determinate scelte) attivano un pensiero predittivo, inteso come capacità di prevedere le conseguenze di determinate azioni, che risulta componente fondamentale della fisica, della politica, della storia e, sul piano personale, a livello di ragionamento etico e morale.

*Le competenze gestionali*, in particolare risultano connesse ad una forte componente di abilità decisionale richiesta in tutti i campi, discipline e settori in cui si richiedano delle decisioni pratiche quali l'etica, la politica, le scienze della formazione, quelle amministrative e politiche.

*Le competenze tecnico-valoriali* presuppongono un pensiero valutativo inteso come capacità di valutare l'artefatto che può estendersi anche all'opera artistica e letteraria e che è imprescindibile sul piano critico in discipline come letteratura, arte, ecc.

In definitiva, le competenze perseguite nello studio della Tecnologia nella proposta curricolare inter-IRRSAE risultano trasversali a molti campi del sapere e capaci di avviare verso una formazione ad alto spessore culturale.

Anche se la padronanza di un'abilità di pensiero è strettamente collegata al contenuto trattato e pertanto una prestazione ottimale di un'abilità in una determinata disciplina non implica necessariamente il trasferimento ad altre, tuttavia l'esercizio di *didattiche delle competenze* non basate sulla memorizzazione dei contenuti, ma su abilità di pensiero fondamentali, potenziano, come sosteneva Bruner, le capacità di *transfert*.

Se, inoltre, come afferma Franco Cambi, la società tesa alla qualità dell'istruzione "esige un fare scuola più mobile e problematico in cui discipline e problemi sottragga-no spazio alle tecniche didattiche *d'antan* (spiegazione, esercizi, interrogazioni ed elaborati) per dare vita ad una didattica più costruttivistica disposta in molte aree inter e transdisciplinari che demarchino *giunture e scambi tra varie discipline*", lo studio della tecnologia nelle modalità interdisciplinari che sono state proposte è sicuramente in linea con le esigenze di una società della conoscenza.

### **La Tecnologia nelle Indicazioni nazionali del 2004**

La prospettiva interdisciplinare nel perseguimento di obiettivi di apprendimento risulta tuttavia presente anche nelle *Indicazioni nazionali* del 2004, le quali recuperano implicitamente alcuni aspetti delle proposte curricolari inter-IRRSAE.

Per la scuola primaria il documento fa riferimento alla necessità che gli obiettivi di apprendimento siano da intendersi in maniera interdisciplinare, rimandando gli uni agli altri. Per ciò che concerne gli obiettivi specifici di apprendimento (OSA) riferiti alla Tecnologia, essi risultano formulati presupponendo l'attivazione di abilità di pensiero, come già osservato nel caso delle proposte inter-IRRSAE, trasversali ed assiomatiche per l'organizzazione della cultura e della visione del mondo.

Pensiamo all'obiettivo di apprendimento per la Tecnologia, indicato nella classe prima, "di osservare ed analizzare gli strumenti e le macchine d'uso comune utilizzate nell'ambiente di vita e nelle attività dei fanciulli, *classificandole* in base alle loro funzioni", o, per le classi seconda e terza, di "*classificare* i materiali in base alle caratteristiche di pesantezza/leggerezza, resistenza/fragilità, durezza/elasticità o plasticità".

Si potrà notare in proposito come la capacità di classificazione, considerata tanto da Piaget che da Bruner come un'abilità logico-matematica fondamentale e assiomatica nella organizzazione della cultura, è presupposta in tutti questi obiettivi di appren-

dimento, sia che risulti applicata agli strumenti o alle macchine d'uso comune, sia ai materiali e ai mezzi di trasporto. Come si evince anche dall'etimologia del termine (che si richiama all'operazione di raggruppare elementi sulla base di attributi comuni), *non esiste disciplina del sapere in cui l'organizzazione delle conoscenze non richieda l'esercizio della classificazione*. Assai opportunamente, pertanto, secondo una corretta prospettiva pedagogico-didattica, un altro elemento a forte valenza interdisciplinare risulta essere il *concetto di funzione* che è presente negli OSA per lo studio della Tecnologia nelle classi prime della scuola primaria, laddove si specifica la capacità "di individuare le *funzioni* degli strumenti adoperati per la costruzione dei modelli, classificandoli in base al compito che svolgono"; o, per le classi quarta e quinta, di "progettare e costruire modelli di macchine che utilizzano forme diverse di energia per scoprirne problemi e *funzioni*". Questo elemento conduce alla possibilità di un pensiero capace di formulare previsioni sugli artefatti e ad ipotizzarne usi diversificati. La lettura *teleologica*, lungi dall'essere strettamente legata al contenuto disciplinare dello studio della tecnologia, risulta necessaria in varie discipline.

Per quanto riguarda la *scuola secondaria di primo grado*, l'approccio interdisciplinare che è sotteso ai programmi risulta risolto in una puntuale focalizzazione sul concetto di modello. Nel documento, nell'allegato C, si dichiara che "*nell'età della Scuola Primaria... resta, in genere, ancora dominante la persuasione di una coincidenza tra realtà e conoscenza della realtà, tra la natura e le rappresentazioni che ce ne facciamo. Passare da un'istruzione primaria ad una istruzione secondaria significa, invece, cominciare a maturare le consapevolezza che mettono in crisi questo isomorfismo ingenuo e scoprire in maniera via via più convincente e raffinata l'incompletezza di qualsiasi rappresentazione, iconica e/o logica della realtà. Passare da un'istruzione primaria ad una secondaria di primo grado, in questo senso, significa confrontarsi con il problema del modello*".

Tuttavia la proposta complessiva delle Indicazioni 2004 in relazione alla Tecnologia presenta forti criticità e aspetti del tutto inaccettabili per almeno due ordini di considerazioni. Il primo riguarda l'infelice dislocazione degli OSA, che vede nella scuola primaria un eccessivo carico di conoscenze e abilità in questi cinque anni di corso, a fronte di un corpo docente ancora nettamente sprovvisto di competenze disciplinari *forti* e di una consolidata tradizione nell'affrontare la disciplina. Il secondo ordine di considerazioni riguarda invece l'introduzione tra gli OSA della scuola secondaria di primo grado di conoscenze e abilità recuperate da una concezione totalmente superata del lavoro risalenti ad un'epoca precedente all'istituzione della Scuola media unica, quali ad esempio i principi di Economia domestica o le attività di taglio, cucitura, decorazioni, realizzazioni di manufatti ornamentali ecc.

Queste incursioni in un passato ormai sepolto della dimensione addestrativa e della *brava donna di casa*, rivelano l'esistenza tra gli estensori della *Indicazioni nazionali* del 2004 di un 'partito della conservazione' che considera la tecnologia ancora e sempre una *disciplina del fare fine a se stesso* e conferiscono a quel documento forti limiti che ci auguriamo possano essere eliminati, per affermare finalmente quella *linea di sviluppo cognitivo e operativo* che l'educazione alla Tecnologia e lo studio dei suoi linguaggi, dei suoi metodi, nei suoi campi applicativi può apportare ad una formazione di base adeguata alle esigenze di chi dovrà vivere e lavorare nella *società della conoscenza*.



---

# UNA PROPOSTA METODOLOGICA E CURRICOLARE NELLA SOCIETÀ DELLA CONOSCENZA

---

Maria Famiglietti\*

*\*Dirigente scolastico, Bologna*

## Non c'è più tempo da perdere

Cronologia alla mano, il nostro Paese da più di dieci anni attende il compimento di una efficace riforma del proprio modello di istruzione e formazione che sia in grado di adeguare la preparazione di base dei nostri giovani alle sfide di un mondo che, nel frattempo, ha decisamente imboccato quegli scenari futuribili che, nel corso degli anni Novanta del '900, già richiedevano inderogabilmente una profonda e tempestiva rivisitazione della nostra scuola in tutti i suoi ordini e gradi.

Ministri e governi che si sono succeduti hanno tentato di attuare, da diversi indirizzi politici e culturali, questa riforma complessiva, ma il risultato di questa azione - oggettivamente intermittente e spesso caratterizzata da brusche soluzioni di continuità e capovolgimenti di indirizzo - è che all'alba della fine del primo decennio del 2000 ci ritroviamo con una riforma parzialmente compiuta sotto il profilo legislativo ma sostanzialmente abortita, in quanto rifiutata da una larga parte dell'opinione pubblica e degli operatori scolastici, nonché oggetto di una futura promessa revisione da parte della attuale maggioranza di governo.

Questa situazione, che è ovviamente perniciosa per tutto il mondo della scuola e per gli insegnanti di tutte le aree disciplinari, si rivela addirittura esiziale per le discipline come la Tecnologia che da tempo, non avendo le spalle coperte da una tradizione accademica consolidata che ne costituisca un punto di riferimento forte sotto il profilo scientifico metodologico e per di più avendo subito nel tempo una trasformazione dal basso per liberarsi dalla soffocante eredità delle materie lavoro maschile e femminile (che ne sono state le 'progenitrici' storiche), necessitano urgentemente di un completo rinnovamento su basi totalmente scientifiche e saldamente fondate.

Ciò nonostante, la Tecnologia come disciplina scolastica non è affatto all'anno zero per quanto riguarda la sua fondazione scientifica e metodologica e la sua prassi didattica e operativa, in quanto da diversi decenni, e soprattutto negli ultimi quindici anni, ha accumulato una serie molto nutrita di studi, ricerche sul campo, esperienze e buone pratiche didattiche tali da avere costruito non solo un impianto scientifico proprio e distinto, ma anche una *proposta curricolare dai tre ai quattordici anni* che già da subito possono essere la base di questo irrinunciabile rinnovamento.

## Analisi logica dell'esistente

Pur essendo tuttora in fiduciosa attesa, per quanto riguarda il primo ciclo di istru-

zione, dei cambiamenti che sono stati promessi per l'inizio dell'anno scolastico 2007-08, dobbiamo giocoforza ragionare sull'esistente, vale a dire l'impianto legislativo e le indicazioni programmatiche della cosiddetta 'riforma Moratti'. Diciamo subito che su questa normativa occorre fare una netta distinzione, a livello di *Indicazioni nazionali*, tra l'ampia premessa di carattere pedagogico e metodologico nella quale viene delineato un percorso di progettazione che sfocia nel *Profilo educativo e culturale* dello studente all'uscita del primo ciclo di istruzione, e il testo dei cosiddetti obiettivi specifici di apprendimento (OSA), dedicati alle singole discipline nei diversi anni di corso.

La citata premessa rappresenta, ad avviso di chi scrive, un documento sostanzialmente accettabile sotto il profilo scientifico e anzi sembra voler delineare una scuola autonoma e fondata su una consapevole progettualità dei suoi operatori, nonché attenta alla persona dell'alunno e al suo diritto ad apprendere e a sviluppare capacità e competenze. Forse però le dinamiche e i meccanismi di progettazione indicati si pongono come una macchina di notevole complessità tanto da ingenerare, come è stato da più parti rilevato, notevoli perplessità e incertezze sul *come* nella prassi didattica sia possibile costruirle e concretizzarle, trasformandole in attività quotidiane controllabili e produttive.

Per quanto riguarda invece gli OSA, la prima osservazione di fondo è che, mentre per le discipline 'consolidate' non vi sono cambiamenti rivoluzionari rispetto a quanto già si faceva nelle scuole, segno che gli estensori hanno semplicemente razionalizzato l'impianto stabile e le conoscenze pacificamente riconosciute a queste aree disciplinari, per la Tecnologia sussistono gravissimi scompensi distributivi e incredibili inserimenti di conoscenze, nonché inspiegabili omissioni, segno che i responsabili politici della riforma non hanno tenuto conto né consultato adeguatamente quegli studiosi, quelle associazioni professionali e quegli operatori scolastici che da anni sperimentano e sostengono un insegnamento della Tecnologia di taglio formativo, operativo e scientificamente fondato.

La seconda osservazione si concentra sulla distribuzione temporale degli OSA. Se è vero che la 'riforma Moratti' introduce finalmente la Tecnologia nella scuola primaria e addirittura meritoriamente ne lascia intravedere uno spazio specifico tra gli OSA della scuola dell'infanzia (*Esplorare, conoscere, progettare*), tuttavia negli OSA della scuola primaria vengono inseriti temi, conoscenze e abilità francamente sproporzionati rispetto alle effettive possibilità di comprensione degli alunni di questa fascia di età e la situazione è resa ancora più problematica dalla attuale mancanza di docenti forniti di una preparazione specifica, che si troverebbero a dover insegnare una disciplina tradizionalmente lontana dalla loro cultura. Inoltre l'aver accorpato *Tecnologia e Informatica* nella denominazione della disciplina (come è dimostrato dalle ricerche più recenti effettuate a campione nelle scuole, di cui diamo conto in appendice al presente contributo) sta producendo una situazione in cui gli insegnanti privilegiano l'approccio all'informatica perché le scuole sono dotate di computer e collegamenti in rete, oltre che per le richieste prevalenti delle famiglie, trascurando in larga misura le attività e le esperienze di base che possono sviluppare il pensiero predittivo, progettuale e operativo che rappresentano il fulcro di una educazione alla Tecnologia basata sulla matura-

zione di competenze iniziali, ma già correttamente orientate all'uso consapevole degli artefatti e alla scoperta dei meccanismi con i quali la tecnologia produce l'artificiale.

A fronte di questa sproporzione e di tale sbilanciamento, gli OSA per la secondaria di primo grado (dove la Tecnologia è proposta autonomamente dall'Informatica) risultano tuttavia carenti di molte conoscenze che, come vedremo in seguito, possono e debbono essere proposte in questa fascia di età, con il risultato complessivo di un profondo squilibrio curricolare che impoverisce l'insegnamento.

Ma quel che è più grave e francamente incredibile è l'inserimento fra gli OSA di conoscenze risalenti all'epoca 'preistorica' delle scuole di avviamento, quali l'Economia domestica e le attività manuali di lavoro, produzione di manufatti fini a se stessi, decorazioni 'artistiche' o per meglio dire 'pseudo-artistiche', cucitura *et similia*, che ri-piombano l'insegnamento a un livello che definire superato è un pietoso eufemismo e che, oltretutto, non hanno una giustificazione razionale se non nella mente di qualche anziano e nostalgico cultore della donna come 'angelo del focolare'.

### **L'assenza della dimensione etica nelle Indicazioni nazionali**

Quanto si è fino ad ora osservato sull'esistente risulta già preoccupante e fonte di inevitabili e documentati rilievi critici. Ma c'è un altro punto che occorre evidenziare, se si vuole costruire una proposta valida e attuale per l'insegnamento della tecnologia nella scuola di base. Intendiamo riferirci alla totale assenza negli OSA di quella *dimensione etica* che deve pervadere l'insegnamento, che non è mai stata né introdotta né esplicitata a livello scolastico e che invece deve fondare l'insegnamento stesso al fine di evitare il rischio di formare giovani, magari istruiti e competenti nel campo tecnologico, ma del tutto privi della capacità di riflessione critica e di lettura in profondità delle scelte politiche ed economiche che condizionano e orientano spesso pesantemente la ricerca e produzione tecnologica e rispetto alle quali né il tecnologo né il cittadino utente della tecnologia possono restare indifferenti o neutrali. Si pensi ad esempio, tanto per citare un caso classico e dolorosamente presente nella nostra memoria storica e nella nostra coscienza, ai tecnici, agli ingegneri, ai chimici che hanno progettato, costruito e collaudato le camere a gas e i forni crematori utilizzati dal nazismo per realizzare lo sterminio del popolo ebraico e di altre centinaia di migliaia di esseri umani considerati 'diversi', nel corso della seconda guerra mondiale: questi tecnici sapevano gli scopi delle macchine di morte che costruivano e lo sapevano tanto bene da averle realizzate ai massimi livelli tecnologici di efficienza e rendimento e non potevano quindi trincerarsi dietro la neutralità professionale, l'espletamento routinario di una qualsiasi commessa industriale.

Occorre quindi che la consapevolezza del coinvolgimento pieno del tecnologo nelle scelte e negli utilizzi che il suo prodotto avrà sia un elemento irrinunciabile della formazione tecnologica, per poter coltivare la speranza che dalle nostre scuole escano giovani finalmente coscienti delle enormi potenzialità della tecnologia, ma anche *consapevoli del fatto che essa può essere utilizzata a favore dell'uomo oppure contro l'uomo* e che questa scelta dipende non da volontà superiori inaccessibili e imperscrutabili, ma dall'azione e dalla volontà di ciascuno di noi, a patto che ne siamo adeguatamente informati e coscienti.

In questo senso è essenziale che la dimensione etica venga adeguatamente rappresentata a livello di *Profilo educativo e culturale* dello studente all'uscita dal primo ciclo, in modo da orientare inequivocabilmente l'azione degli insegnanti e della scuola accanto alla già presente attenzione a tutte le dimensioni di crescita cognitiva, relazionale e affettiva della persona e, inoltre, che *l'aspetto etico sia tradotto in una distinta serie di competenze in uscita*, senza il raggiungimento delle quali non si dà una formazione veramente adeguata alle sfide che un mondo sempre più globalizzato e percorso da contrasti epocali e da crescenti *venti di guerra* porrà ai nostri giovani.

### **I contenuti irrinunciabili dell'insegnamento della Tecnologia nel primo ciclo di istruzione**

Un primo risultato di questa nostra rapida analisi risiede dunque nella constatazione che, per il momento solo a livello nominalistico, questo insegnamento ha assunto una sua dimensione di disciplina scientifica allineandosi quindi con gli altri insegnamenti curriculari, che da sempre veicolano a livello educativo campi disciplinari consolidati e ne costituiscono un approccio alla portata dei giovani, utilizzandone la specifica dimensione formativa. Oltretutto, si è ormai consolidata la *distinzione epistemologica tra scienza e tecnologia*, superando l'idea tradizionale che la tecnologia non fosse altro che l'applicazione pratica di principi scientifici, e si è definita con chiarezza l'autonomia reciproca tra il *pensiero scientifico, che ha il suo specifico nella scoperta di ciò che è*, e il *pensiero tecnologico, che si esplica peculiarmente nella produzione di ciò che non esiste ancora*, e si caratterizza quindi come *pensiero predittivo-progettuale*, mentre quello scientifico ha una fondamentale componente *analitico-relazionale*.

Ugualmente chiara e distinta risulta la peculiarità del pensiero tecnologico rispetto al *pensiero matematico* che è fondamentalmente di carattere *deduttivo-dimostrativo*; quindi si evidenzia l'improponibilità epistemologica di accorpamenti forzosi a livello disciplinare tra scienze, matematica e tecnologia, come vorrebbero i fautori dell'ampliamento delle aree disciplinari anche in altri campi ritenuti affini, con il risultato di impoverire l'insegnamento e di privilegiare solo le discipline più vicine alla specifica formazione dei docenti. Quanto ciò sia oggi inaccettabile è dimostrato anche dal notevole ricambio generazionale che ha portato tra le fila dei docenti di tecnologia un forte numero di ingegneri, architetti, chimici, agronomi, ecc., vale a dire tutto personale esperto con formazione universitaria quinquennale del vecchio ordinamento accademico, in grado di apportare a livelli elevati nella scuola la specificità del pensiero tecnologico.

In estrema sintesi, per essere tale, la tecnologia che si dovrebbe insegnare nella nostra scuola risulta come una disciplina che porta gli alunni, in rapporto alla loro età, a *riflettere su come gli esseri umani hanno prodotto e producono quotidianamente artefatti e sistemi per rispondere a bisogni concreti utilizzando delle risorse, attraverso un processo di elaborazione progettuale e processi di lavorazione che determinano impatti nell'ambiente, sono condizionati da scelte economiche e politiche, devono rispondere a valutazioni di carattere etico in quanto, a loro volta, trasformano gli attuali modi di vivere e i rapporti tra le persone in vista di un futuro sempre più a misura d'uomo e con forme di produzione e di consumo sempre più rispettose della salvaguardia ambientale*.

## Sistemi, epistemi e contenuti della Tecnologia

Se questo è vero, ne conseguono logicamente alcuni punti fermi inerenti ai contenuti disciplinari che dovrebbero quindi riguardare:

*Materiali, Energia, Informazione, Produzione, Trasporti, Economia, Organizzazione.*

Tali punti fermi costituiscono altrettanti *sistemi* di quell'insieme sistemico che costituisce la complessità della tecnologia. Essi sono in relazione fra loro di modo che la *produzione* utilizza *materia* ed *energia* e *informazioni* a scopi intenzionali in funzione di *scelte economiche* e regolando attraverso un'*organizzazione* e un flusso di *informazioni* dei *processi produttivi*, con *spostamenti (trasporti)* di merci materiali e virtuali nello spazio e nel tempo, spesso in tempo reale.

All'interno di ciascun sistema si possono individuare gli *epistemi* specifici della tecnologia, ossia conoscenze irrinunciabili proprie di questa disciplina, che sono almeno sei: *bisogno/problema*, *risorsa*, *processo*, *artefatto*, *impatto*, *controllo*. Per meglio chiarire la differenza fra i *sistemi* e gli *epistemi*, si pensi ad esempio al sistema della lingua, che si articola nelle nove parti del discorso (epistemi) a ciascuna delle quali corrispondono numerosissimi sintagmi.

Ciascun sintagma da solo non ci dà una informazione compiuta, che invece possiamo costruire combinando insieme con una operazione paradigmatica sintagmi appartenenti a diversi epistemi, a seconda delle regole sintattiche di ciascuna lingua. Sull'asse paradigmatico la sostituzione di un sintagma con un altro all'interno dello stesso episteme produce differenti comunicazioni.

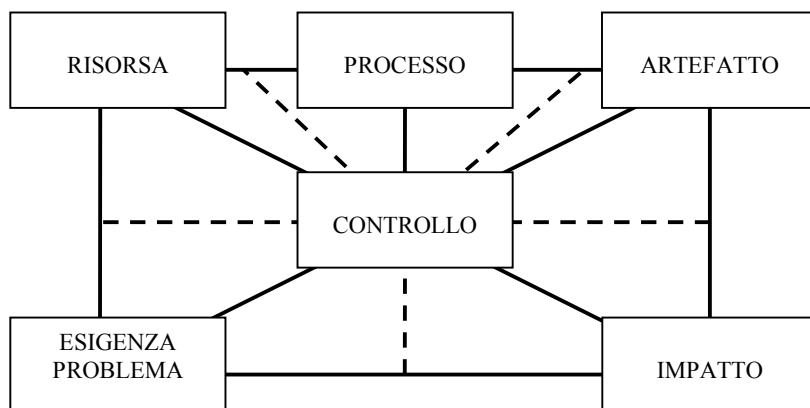
Alcuni epistemi della tecnologia intervengono in più sistemi e producono grandi aree di contenuto in riferimento a ciascun sistema, aree che a loro volta si possono articolare in differenti contenuti specifici disciplinari che abbiamo indicato a livello esemplificativo nella colonna dei 'Contenuti specifici' (vedi tabella).

All'interno delle varie aree possono essere ricavati ulteriori approfondimenti in relazione allo sviluppo verticale del curriculum. Tuttavia quello che conta è *non ricadere nella settorializzazione della tecnologia*, ma bensì di individuare con chiarezza quelli che sono i *fondamenti concettuali* della disciplina e su questi costruire dei *pervorsi conoscitivi* logicamente articolati che coinvolgano prioritariamente le risorse di vario tipo esistenti nell'ambiente fisico, sociale, produttivo dove vivono gli alunni e le loro famiglie.

Occorre poi considerare che gli epistemi della tecnologia intervengono e si combinano fra loro dandoci *differenti punti di vista* dai quali affrontare i diversi tagli della disciplina che, ricollegandoci all'analogia tra gli epistemi e le parti del discorso del sistema lingua, ci permettono di effettuare sulla tecnologia stessa delle operazioni di tipo paradigmatico, approcciandone in tal modo la *complessità*. Nello schema seguente abbiamo visualizzato gli epistemi in un rapporto di relazione che li evidenzia tutti su uno stesso piano.

<i>Sistemi del dominio tecnologico</i>	<i>Epistemi</i>	<i>Area di contenuto</i>	<i>Contenuti specifici</i>
Materia	Risorsa Impatto Controllo Processo	Materie prime Materiali	Legno, metalli... Carta, vetro....
Energia	Risorsa Impatto Controllo	Fonti energetiche  Trasformazioni energetiche	Rinnovabili e non rinnovabili Convertitori... Consumi energetici Reti di distribuzione
Informazione	Bisogno- problema Risorsa Controllo	Linguaggi non ver- bali di rappresen- tazione e di comuni- cazione. Linguaggio macchina	Linguaggi della rappresentazione grafica Linguaggi informatici e multimediali Conoscenze elettroniche e informatiche
Produzione	Bisogno- problema Risorsa Processo Artefatto Impatto Controllo	Analisi dei bisogni Teoria dei problemi Processo produttivo Artefatto	Bisogni materiali e immateriali <i>I problem: finding, talking, setting, solving, posing, networking</i>  Tecnologia pesante, leggera, artificiale Bionica Ergonomia
Trasporti	Bisogno- problema Artefatto Impatto Controllo	Analisi dei bisogni Energia utilizzata Infrastrutture mate- riali, virtuali Impatto ambientale Innovazione tecno- logica	Meccanica e macchine Elettrotecnica Elettronica Materiali Calcolo consumi e rendimenti Reti di comunicazione Immagazzinaggio, stoccaggio e logistica
Economia	Bisogno- problema Risorsa Impatto Controllo		Indicatori economici Costi, ricavi, investimenti, profitti e perdite
Organizzazione	Bisogno- problema Processo Controllo		Città-campagna Primario, secondario, terziario e terziario avanzato

Tuttavia è possibile articolare tali relazioni secondo differenti collegamenti tra gli epistemi, determinando altrettanti *diversi approcci* che possono sviluppare *punti di vista differenti* e quindi orientare diversamente lo studio della tecnologia.



### Articolazione dei contenuti nei cicli di istruzione

Tornando ora alle osservazioni critiche avanzate sul complesso della riforma Moratti e tenendo ferme le pesanti riserve sui suoi aspetti di arretramento culturale per la Tecnologia, volendo tuttavia lavorare su ciò che di valido c'è in quella proposta programmatica, per la scuola primaria si ritiene necessario un rafforzamento delle conoscenze e delle abilità relative all'approccio cognitivo ai modelli (icastici, iconici analogici, descrittivi e strutturali) nonché di quelle relative agli strumenti logico-formativi (grafi, tabelle a colonne e a doppia entrata, mappe, linguaggio degli insiemi). Per le classi quarta e quinta occorre poi introdurre le scale di proporzione e un avviamento alla composizione modulare, fermo restando che in questa età scolare la rappresentazione grafica non venga precocemente tecnicizzata impartendo regole e uso degli strumenti da disegno, ma sia lasciata ancora sul piano della *visualizzazione libera* delle proprie *rappresentazioni mentali* come passaggio intermedio, anche attraverso il confronto con i compagni, *dalla percezione della realtà alla sua codificazione simbolica*. Riguardo poi all'informatica, conoscenze e abilità ci sembrano in linea con le potenzialità di questo ordine di scuola. Il discorso diventa più complesso per la scuola secondaria di primo grado, dove, accanto alle critiche già espresse in apertura del presente lavoro, occorre osservare la povertà delle *Indicazioni* in ordine a diversi ambiti conoscitivi che vanno quindi opportunamente rinforzati o addirittura inseriti, e che sono nello specifico:

- settori della produzione;
- analisi dell'oggetto per riconoscere il rapporto forma - funzione - funzionalità;
- analisi dei processi produttivi dei materiali in funzione della possibilità di utilizzo;

- potenziamento dello studio delle strutture portanti e modulari delle forme attraverso la realizzazione di modelli di composizione geometriche con elementi modulari;
- introduzione della metodologia progettuale come processo per risolvere problemi grafici costruttivi;
- potenziamento degli strumenti logico-formativi al fine di rappresentare e sistemare i dati e dei modelli logici al fine di produrre nuova conoscenza.

Inoltre, è necessario *riunificare l'insegnamento della Tecnologia e dell'Informatica* in continuità con la scuola primaria. Per quanto riguarda poi la classe terminale, occorre introdurre, accanto al disegno tecnico, lo *studio del territorio e degli spazi urbani*, evidenziando le competenze di analisi e di rappresentazione, nonché lo studio storico, progettuale e operativo delle scuole di design (Bauhaus, Hutm, ecc.). Altri campi che risultano assenti sono quelli delle *tecnologie della mobilità e dei trasporti* e delle *comunicazioni di massa*, nonché le principali *tecnologie alimentari* e i loro *processi di produzione, conservazione e trasformazione*. Inoltre occorre conferire un particolare rilievo all'analisi dei cambiamenti economici, ambientali e sociali determinati dalle trasformazioni tecnologiche in campo produttivo e comunicativo dalla prima Rivoluzione industriale ad oggi: sarà compito del docente far cogliere ai giovani gli *elementi storici* che creano le condizioni per una nuova tecnologia e/o che partecipano a determinarla. Anche per l'Informatica è necessario porre l'accento sulle trasformazioni che le attività a distanza introducono nell'organizzazione lavorativa e nell'esistenza quotidiana della società e delle persone.

## Metodologia

Come è accaduto per altre discipline che si insegnano a scuola - e che hanno fondato il rinnovamento dei curricula e dell'approccio metodologico su una analisi epistemologica che ne ha messo in luce a livello di ricerca scientifica il nucleo fondante che regge la disciplina, i metodi, i linguaggi - allo stesso modo *l'insegnamento tecnologico deve essere modellato sullo statuto epistemologico della Tecnologia intesa come disciplina scientifica*. La ricerca di questo statuto ha ricevuto, come viene sottolineato nel presente volume nel contributo di G. Alcaro, una spinta fondamentale dai risultati di una pluriennale attività di ricerca sul campo effettuata da cinque IRRSAE (ora IRRE)<sup>4</sup>, all'interno della qua-

<sup>4</sup> G. Righetto, M. Famiglietti (a cura di), *Educazione tecnologica anni '10*, Calderini, Bologna, 1996;  
E. Damiano (a cura di), *La casa di Salomone. Materiali per un catalogo curricolare dell'Educazione tecnica*, IRRSAE Marche, 1997;

M. Famiglietti (a cura di), *Techne now. Una nuova proposta per l'Educazione tecnologica nella scuola della formazione generale*, IRRSAE Sicilia - IRRSAE E/R;

M. Famiglietti (a cura di) *Progetto ICARO, La ricerca sul pensiero tecnologico come motore della formazione per tutti e per tutta la vita*, IRRSAE Sicilia, Palermo, 2000;

M. Famiglietti, G. Vescovi (a cura di) *Progetto ICARO, Riflessioni e attività per lo sviluppo del pensiero tecnologico dai tre ai quattordici anni*, IRRSAE Friuli Venezia Giulia, Trieste, 2002;

M. Famiglietti, G. Marucci, F. Riotta, G.C. Sacchi, E. Toppo, *Tecnologia e informatica dai tre anni all'età adulta*, Tecnodid, Napoli, 2004.



le è stata assunta ai fini dell'analisi epistemologica una griglia elaborata da F. Frabboni<sup>5</sup> che consente, una volta definito in modo non ambiguo il dominio proprio della disciplina, di procedere alla sua analisi epistemologica rispondendo a una serie di *domande focali* che vengono poste per ciascuno dei *punti nodali* individuati. Come abbiamo visto, per la tecnologia il *dominio specifico* è dato dai *sistemi*. L'analisi individua quindi i *saperi essenziali* della disciplina e i *linguaggi* che li veicolano, mentre l'insieme dei contenuti e linguaggi produce il quadro delle *competenze di base*.

Tuttavia, ed eccoci ora al punto che ci interessa in questo paragrafo, per definire compiutamente l'analisi della disciplina occorre *determinare quali siano le sue metodologie di investigazione proprie* e quali, invece, quelle provenienti da altri campi disciplinari ma caratterizzate da una *trasversalità* che ne consente l'utilizzo in campo tecnologico. Abbiamo già evidenziato come la combinazione degli epistemi consente di attivare l'*ermeneutica* della tecnologia, vale a dire l'interrogarsi su quali siano i *punti di vista* caratteristici della disciplina che ne danno un'impostazione o una prevalenza di interessi via via differente. L'insieme dei metodi di ricerca e dell'ermeneutica produce il quadro delle *competenze metodologiche* della disciplina stessa. Possiamo quindi affermare che dal punto di vista intrinseco, *competenze di base* (sapere) e *competenze metodologiche* (saper fare) *definiscono una disciplina*; tuttavia, quando una disciplina entra in rapporto in ambito educativo con i discenti, le sue competenze di base e metodologiche debbono entrare in comunicazione con l'enciclopedia dei saperi di cui ogni soggetto è portatore in misura più o meno ampia, e di conseguenza il problema prioritario è quello di avere ben chiari *quali siano i metodi che consentono di esplicitare il potenziale generativo e la valenza formativa della tecnologia quando questa entra nel curricolo scolastico della persona dell'alunno*.

In primo luogo occorre dotare gli alunni, ai diversi livelli di età, di *competenze metodologiche di taglio ermeneutico* affinché essi siano in grado, ad esempio di fronte a un *artefatto*, di cogliere quale tipo di conoscenza interviene a descriverlo, distinguendo tra:

- *conoscenza strutturale* delle parti o elementi e di come sono connesse tra loro lavorando alla costruzione dei concetti quali: componenti, terminali, porta, nodo, connessione, ecc.;
- *conoscenza comportamentale* che descrive l'interazione tra i vari componenti dell'artefatto e tra questo e l'ambiente esterno, lavorando su concetti quali: tempo, grandezza fisica, stato, traiettoria, ecc.;
- *conoscenza teleologica*, riferita agli scopi di ciascuna parte e alle condizioni di utilizzo, lavorando sui verbi operatori quali: accumulare, trasportare, regolare, amplificare, trattenere, mantenere costante ecc.;
- *conoscenza funzionale*, relativa alla comprensione dei nodi in cui i singoli componenti dell'artefatto contribuiscono al suo corretto funzionamento, quindi istituendo un collegamento tra conoscenza comportamentale e conoscenza teleologica e i rispettivi concetti<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Si veda M. Famiglietti (a cura di), *Progetto ICARO* op. cit. pp. 69/75.

<sup>6</sup> A proposito di questa metodologia ermeneutica si veda il contributo di E. Toppano, *Gli artefatti mediante rappresentazioni multiprospettiche*, nel presente volume.

Una volta chiariti, attraverso questo modello di Toppano, i differenti punti di vista che possono essere dati dalla tecnologia, occorrerà lavorare su un campo di *metodologie di investigazione* che si possono raggruppare in quattro grandi categorie:

- il *metodo dei modelli*: modelli tridimensionali e in parte quelli strutturali nella scuola primaria; modelli strutturali-simbolici e logici a partire dagli ultimi anni della scuola primaria; tra questi si segnala in particolare il *modello R.A.RE.CO.* (Rappresentazione, Analisi, RElazione, COmunicazione), che consente la conoscenza sistematica organizzata che porta ad una rigorosa costruzione dei concetti tecnologici<sup>7</sup>;

- il *metodo delle prove sperimentali*: fondamentale per lo sviluppo delle capacità inferenziali e delle metodologia che sta alla base delle *prove per errore* e dello *strumento logico-ipotesico* della ‘scatola nera’. In particolare risulta significativo l'utilizzo del *Diagramma di Gowin* che consente di riflettere sul fare sistemando epistemologicamente via via i *concetti, i principi, le teorie*;

- il *metodo delle simulazioni*: operare in situazioni simulate (in laboratorio o attraverso procedure informatiche), implica l'attivazione di attività cognitive differenti rispetto alle esperienze reali perché richiede la maturazione di un livello di *astrazione* superiore nel passaggio tra il fenomeno reale e quello simulato e quindi si può utilizzare nelle ultime classi della scuola secondaria di primo grado;

- la *metodologia progettuale*: essa rappresenta sotto il profilo metodologico l'aspetto più specifico e caratteristico della tecnologia in quanto - come afferma Domenico Chiesa - il “*progettare è un aspetto fondamentale del nostro comportamento intellettuale, che si esplica nel definire uno scopo, individuare le risorse disponibili, scandagliare le soluzioni già praticate da altri e/o in altre occasioni, prospettare percorsi, scegliere quello più efficace e più coerente con i mezzi, organizzare le risorse e gli strumenti necessari, avviare, governare ed eventualmente modificare il processo per raggiungere lo scopo con la massima efficacia e la massima efficienza*”.

Quanto fin ora abbiamo evidenziato costituisce una risposta di sintesi alla domanda sugli apprendimenti e le competenze che la Tecnologia dovrebbe far maturare lungo il percorso scolastico che va dai tre ai diciotto anni. Tuttavia ci preme di sottolineare come l'atteggiamento metodologico di fondo che sostanzia e dà valenza formativa alla Tecnologia come disciplina di insegnamento risiede nello *sviluppo della capacità di operare per problemi* e quindi in una serie di comportamenti degli insegnanti finalizzati a suscitare un *clima di ricerca* nella classe, trasformando gli alunni da ascoltatori passivi, e ripetitori di conoscenze, in *équipe di ricercatori che cooperano di fronte a un problema, ne analizzano i dati, li mettono in relazione attraverso appositi strumenti logici e costruiscono modelli per produrre in modo sempre più autonomo e cosciente nuove conoscenze*. A questo scopo si utilizzano anche *procedure rigorose basate su protocolli operativi formalizzati* nei cosiddetti *problem (finding, talking, setting, posing, solving, networking, ecc.)*.

---

<sup>7</sup> Si veda in proposito il già citato contributo di G. Alcaro *Proposte didattiche nella formazione di base*, inserito nel presente volume.

## Strumenti, tecniche, modelli

Dal punto di vista della progettazione didattica e della prassi operativa del rapporto insegnamento/apprendimento, l'insegnamento della Tecnologia si avvale di una strumentazione metodologica che è in parte specifica, come abbiamo visto nel paragrafo precedente, e in parte comune e distintiva della professione docente, utilizzando una serie di strumenti logico-formativi, tecniche e modelli che ora proveremo a presentare in sintesi e che si pongono l'obiettivo di *costruire la conoscenza* - dei concetti, delle cose, del mondo - e di *produrre nuova conoscenza*.

Tali capacità si maturano lungo un percorso di apprendimento che ha inizio fin dalle prime esperienze scolastiche dell'alunno e che si dispiega, con modalità operative e criteri metodologici costanti, e, come si è accennato, attraverso strumenti, tecniche e modelli logici di crescente 'potenza' formativa, lungo tutto il periodo di scolarizzazione, fino alla maturazione di una permanente capacità di 'imparare a imparare'.

Vediamo ora in sintesi - e in termini generali di prima approssimazione - quali sono gli aspetti qualificanti di questo percorso, tenendo però presente che solo nella concretezza di un contesto di esperienze didattiche è possibile coglierne appieno tutte le potenzialità e le valenze formative.

## Strumenti logico-formativi di analisi, relazione, sintesi e comunicazione

Nel rapportarsi con l'ambiente esterno, l'individuo attiva una serie di operazioni mentali (analisi, istituzione di relazioni, sintesi) essenziali per 'leggere' forme, oggetti, ambienti dislocati nello spazio e per cogliere procedure, fenomeni, sistemi. Di conseguenza prendere coscienza di quali siano e di come avvengano queste operazioni mentali costituisce il primo passo per mettersi in rapporto di conoscenza (iniziale ma già attivo) da un lato con il mondo esterno e, dall'altro, con i propri processi cognitivi.

Per consentire questa presa di coscienza l'insegnante, attraverso una serie di interventi didattici centrati su oggetti ed elementi che rientrano nella quotidiana esperienza dei discenti, guida gli alunni alla conoscenza, alla costruzione e all'utilizzo dei principali strumenti mediante i quali si possono *rappresentare graficamente le operazioni mentali di analisi di un contesto considerato nella sua spazialità*, al fine di coglierne distintamente le parti, gli elementi e i rapporti gerarchici di appartenenza: grafo ad albero, linguaggio degli insiemi, tabelle a doppia entrata, indice americano con relativa legenda, espressione lineare con il metodo delle parentesi. Su questa base di prime capacità operative - che debbono ovviamente ricevere continui rinforzi, anche e soprattutto in considerazione delle differenti modalità e stili cognitivi normalmente presenti in un gruppo-classe - si innestano la conoscenza e costruzione delle relazioni procedurali (prima/dopo, causa/effetto ecc.) all'interno di un fenomeno fisico e/o di un sistema o processo produttivo considerati nel loro evolversi temporale. Gli strumenti di rappresentazione che entrano ora in gioco sono i diagrammi di flusso lineare e i vettori orientati.

Poiché tuttavia la nostra conoscenza è veicolata attraverso il linguaggio scritto e orale, ciascuna delle fasi operative che abbiamo sopra accennato è accompagnata e rin-

forzata dalla ‘trasduzione’ delle rappresentazioni grafiche di analisi spaziale e relazioni procedurali nel corrispondente linguaggio scritto, così da produrre un progressivo *arricchimento delle capacità logico-linguistiche* e della *proprietà lessicale*. Operando in tal modo sul linguaggio, gli alunni prendono coscienza di come sia possibile costruire la comunicazione di una situazione reale, di un oggetto nella sua composizione, di un fenomeno naturale nel suo svolgersi nel tempo, del funzionamento di una macchina o di un processo produttivo in modo rigoroso e inequivocabile.

Questi strumenti, che genericamente parlando schematizzano un sapere ma che possiedono specifiche caratteristiche epistemologiche e quindi fondamentali nella raccolta, sistemazione e organizzazione dei dati, possono essere utilizzati in relazione a differenti scopi, tenendo conto del campo di applicazione di ciascuno di essi in rapporto allo specifico cognitivo e alla conseguente descrizione operativa.

### **Tecniche per l'apprendimento laboratoriale, ossia strategie didattiche**

Per meglio chiarire che cosa si intende parlando di tecniche per l'apprendimento in una scuola di taglio laboratoriale, quale è quella che ci proponiamo di costruire per rendere effettivo il diritto ad apprendere, superando quindi il modello di una scuola centrata sulla lezione e sulla ripetizione di contenuti da memorizzare per fare spazio a una dinamica di insegnamento-apprendimento dove ogni alunno può sviluppare le proprie potenzialità in quanto diviene protagonista dell'azione didattica e giunge a costruire autonomamente la conoscenza (*insegnamento individualizzato*), forniamo qui di seguito uno stralcio di unità di apprendimento (UA) nel quale vengono attivate alcune tecniche nel quadro di una strategia didattica laboratoriale.

L'insegnante assume qui una *funzione di coordinamento* di una ricerca che i ragazzi effettuano rispetto a un *problema* al quale tentano di dare delle *risposte*. Questa è la strategia di fondo della didattica operativa, in quanto creare una situazione problematica e stimolare l'interesse degli alunni a individuare e definire il problema in una dinamica di ricerca costituisce la base irrinunciabile per un clima favorevole all'apprendimento. Da qui si articola un *percorso di investigazione* in cui gli alunni, con l'uso consapevole di tecniche e strumenti, giungono a superare le prime risposte fornite al problema costruendo una conoscenza nuova, ripulita dagli stereotipi e dai misconcetti, corretta sotto il profilo scientifico ed espressa in un linguaggio formale di buon livello.

Come si vede siamo proprio agli antipodi rispetto a un insegnamento che dà lezioni e spiegazioni e assegna pagine da studiare, ignorando i diversi stili di apprendimento e pretendendo una omogeneizzazione che rischia di tagliare fuori quegli alunni che non riescono a comprendere con sufficiente sicurezza il codice della parola scritta o della formalizzazione concettuale.

#### *Esempio didattico: l'approccio operativo ai concetti di forza ed energia*

L'insegnante di Tecnologia in una classe seconda di scuola secondaria di primo grado, invita i ragazzi e scrivere sul quaderno che cosa essi intendono per *forza* e per *energia*. Verificato che tutti abbiano capito la consegna, sono assegnati cinque minuti

per cercare di dare una definizione dei due concetti e, nel frattempo, nessuno (né il docente, né gli alunni) deve intervenire per cercare di dare una risposta a voce alta, perché inquinerebbe la prova: ciò che i ragazzi scriveranno, ossia *il costruito mentale che hanno relativamente a questi due concetti*, darà il Livello di Partenza (LP) di ciascuno.

I ragazzi scrivono e, al termine dei cinque minuti, ha inizio la socializzazione tramite lo strumento TA.CO.CA. (TAbella COnfronto CAmpione).

Questo strumento di socializzazione, teorizzato dalla scrivente almeno venti anni fa e monitorato<sup>8</sup> nelle realtà più complesse, non consiste nel far leggere a tutti gli alunni le proprie risposte, ma nello scegliere la risposta di un alunno con le modalità che ora vedremo, che costituirà appunto il *campione* sul quale si confronteranno gli altri alunni. Attenzione: sotto il profilo metodologico non esiste la risposta corretta, o accettabile, perché esistono tante visioni del mondo, tanti concetti ‘poveri’; del resto, se ciò che si intende far studiare non è mai stato affrontato in precedenza, i ragazzi, come prima risposta non inquinata, non potranno offrire altro che il loro costruito mentale ‘ingenuo’. Sarà poi interessantissimo verificare quali saranno i misconcetti emersi nel momento della verifica del LP, per poi confrontarli alla fine - una volta che, attraverso l’attività di laboratorio, si arriverà a una accettabile costruzione del sapere in piena autonomia e consapevolezza - con il livello di uscita (LU).

Ecco alcune risposte fornite dai ragazzi: “*La forza e l’energia sono la stessa cosa*”, oppure: “*la forza è una potenza*”, oppure: “*la potenza è una forza, ma la forza non è una potenza*; e ancora: *l’energia è vitalità; l’energia è una forza elettrica; la forza è la capacità di portare qualcosa di pesante; l’energia l’abbiamo tutti; l’energia è una cosa che non si vede, non è una sostanza; la forza è l’espressione di una potenza; l’energia è un mutamento di stato*”.

Il problema ormai è aperto e i ragazzi cercano di costruire i due concetti. Tuttavia, se essi non hanno mai riflettuto su questi termini, diventa pressoché impossibile giungere ad una definizione accettabile. A questo punto sarebbe un grave errore se l’insegnante dicesse: “Visto che non lo sapete, allora ve lo spiego io”, oppure: “Adesso prendiamo il libro e leggiamo le definizioni”. Ad esempio per stimolare maggiormente la riflessione, può ricorrere invece a domande che riguardano aspetti di vita quotidiana, domande che egli pone alla classe scrivendole alla lavagna. Vediamone alcune:

- A) Perché mangiamo?
- B) Perché dopo una lunga corsa ci fermiamo e diciamo “Non ne posso più!”?
- C) Perché possiamo spostare la cattedra? Descrivete come procedete, alzatevi e provate a spostare la cattedra.
- D) Perché dobbiamo dormire?

---

<sup>8</sup> Si vedano in proposito: M. Famiglietti, G. Giustolisi, *Strumenti operativi e modelli didattici*, in “Laboratorio didattico” 3, IGDA, Novara 1987; M. Famiglietti, F. Frabboni, *Strumenti logico formativi per imparare a scrivere e descrivere*, La Nuova Italia, Firenze, 1990; M. Famiglietti, *Tecniche interdisciplinari per una socializzazione significativa*, in “Scuola e didattica”, n. 4, 2005, La Scuola, Brescia. Inoltre si veda il sito web: [www.mariafamiglietti.it](http://www.mariafamiglietti.it), alla voce Protocolli - strumenti di socializzazione.

E) Perché dopo una lunga nuotata ammettiamo di essere stanchissimi tanto che se qualcuno ci strattone non reagiamo?

F) Che cosa significa stanchezza?

I ragazzi danno per ogni domanda una risposta scritta, che viene poi socializzata.

Dalla socializzazione per ogni domanda si raccoglie una risposta condivisa da tutti.

Ecco le risposte condivise:

A) Perché abbiamo bisogno di *accumulare energia*;

B) Perché abbiamo *consumato tutta l'energia*;

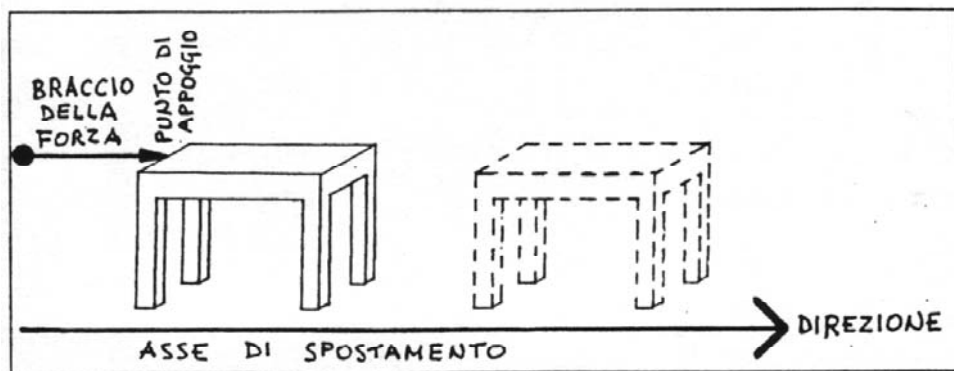
C) Perché abbiamo la *forza di spostarla*. Descrizione: *appoggio le due mani sull'oggetto da muovere, tendo il braccio e con tutto il corpo imprimo una forza pari, o minore, dell'energia accumulata nel mio corpo*;

D) Perché dobbiamo *ripristinare le forze accumulando energia*;

E) Perché, come nel caso della seconda domanda, dobbiamo riposarci per *riacquistare le forze e l'energia necessaria per compiere qualsiasi attività o lavoro*;

F) *La stanchezza è il segnale che l'energia è ai limiti*, pertanto bisogna *riposarsi, mangiare, accumulare nuova energia per riprendere le forze*, ecc.

Questa volta i ragazzi hanno riflettuto sul proprio vissuto quotidiano e, per quanto riguarda la domanda C, hanno spostato materialmente la cattedra appoggiando la mano sul bordo di questa e hanno steso il braccio imprimendo una forza. Il docente chiede ai ragazzi di rappresentare l'azione graficamente; il disegno nella figura seguente.



Tutti gli alunni hanno dunque compreso che la forza si manifesta e manifestandosi compie un lavoro. Quindi l'energia è una capacità che si manifesta attraverso la forza.

Sempre attraverso il 'fare', il docente chiede ora a tre ragazzi di posizionarsi a destra della cattedra e ad altri tre a sinistra (avendo cura di sceglierli tutti più o meno della stessa corporatura). Li invita poi ad appoggiare le mani sui lati più corti della cattedra e, al suo via, a spingere. La cattedra oscilla un po' verso destra, poi verso sinistra ma, alla fine delle spinte contrapposte esercitate da parte dei ragazzi, la catte-

dra è rimasta al suo posto. Al termine dell'esperienza, alcuni ragazzi dimostrano di *avere il 'fiatone' dovuto allo sforzo*, anzi ammettono che lo sforzo non è stato indifferente da parte loro. Tutti però hanno compreso che *due forze contrarie ma della stessa intensità si annullano*.

Se poi si legano due corde della stessa grossezza e lunghezza alle gambe del tavolo, ponendole sullo stesso piano orizzontale, e al via dell'insegnante si tirano le funi, il tavolo si sposterà lungo la traiettoria.

### **Costruzione consapevole della conoscenza**

Tutte queste esperienze reali vengono successivamente rappresentate mediante la formalizzazione simbolica alla lavagna, e questa codificazione fortemente astratta viene ora agevolmente compresa dai giovani. Si potrebbe continuare ancora: alcuni alunni, ad esempio, hanno compreso che l'accumulo di grasso nei mammiferi è dato dalla troppo *energia* introdotta attraverso il cibo e dalla poca *forza* utilizzata, ossia dal poco lavoro, *perché spostarsi, camminare è un lavoro che porta a consumare energia*.

Sono state poste tante domande, fatti tanti esempi, tanti *feed-back* riferiti alle esperienze quotidiane degli alunni e molti di questi vengono codificati mediante il linguaggio scritto e poi rappresentati simbolicamente. Sono stati applicati dei semplici calcoli a problemi posti dai giovani, tanto che, quando il docente ha invitato i ragazzi a leggere dal libro di testo il paragrafo "Forza, Energia, Lavoro", tutti comprendevano i termini e le formule. Ossia *l'apprendimento era già avvenuto attraverso la pratica laboratoriale e la riflessione metacognitiva su di essa*. In certi casi i ragazzi hanno aggiunto o modificato delle parole in definizioni o esempi presentati dal testo.

A questo punto il docente pone ancora agli alunni la consegna di confrontare le risposte di partenza con la conoscenza che hanno costruito sui concetti di forza ed energia durante l'attività didattica, allo scopo di *misurare lo scarto di apprendimento tra il loro LP e il LU*. L'intervento si conclude con una fase di *debriefing* (riflessione sul proprio apprendimento) nella quale i ragazzi rispondendo a un set di domande ripercorrono l'esperienza e rendono espliciti i momenti, gli strumenti e le tecniche che hanno determinato l'apprendimento. Infine esprimono un giudizio di gradimento sull'esperienza stessa dando un voto da 1 a 10.

*Quali sono le tecniche attivate in questo esempio?*

Come si era annunciato nel presentarlo, in questo stralcio di UA vengono attivate alcune tecniche fondamentali della scuola laboratorio e, per agevolare il lettore, nella tabella seguente abbiamo sistemato il quadro complessivo dell'intervento ponendo a confronto l'insegnamento tradizionale con le strategie dell'insegnamento laboratoriale.

<i>Scuola dell'ascolto - insegnamento tradizionale</i>	<i>Scuola laboratorio - insegnamento individualizzato</i>
<i>Lezione con spiegazione anche dialogata da parte del docente</i>	<i>Tecnica per far emergere i misconcetti e/o le conoscenze ingenuie</i> Apertura di una situazione problematica e accertamento non inquinato del livello di partenza degli alunni (LP)
<i>Lettura dal testo con spiegazione e commento da parte del docente</i>	<i>Tecnica di socializzazione mediante T.A.CO.C.A.</i>
<i>Assegnazione delle pagine da studiare e degli esercizi da svolgere a casa</i>	<i>Tecniche di feed-back</i> per collegare l'esperienza dell'alunno alle problematiche di studio
	<i>Tecniche di riflessione</i> sui termini scientifici
	<i>Tecniche di drammatizzazione e/o manipolazione</i> per l'interiorizzazione dei concetti
	<i>Tecniche di formalizzazione dei concetti</i> mediante vari linguaggi, (alfabetico, simbolico, grafico, ecc.)
<i>Verifica mediante interrogazione e svolgimento dei compiti assegnati alla lavagna</i>	<i>Tecniche di verifica</i> mediante confronto tra ciò che gli alunni hanno appreso e quanto riportato nel testo su quella problematica
<i>Compito in classe, test, ecc. con valutazione e giudizio da parte del docente.</i>	<i>Tecniche di autovalutazione</i> mediante misurazione dello scarto di apprendimento fra LP e LU e <i>de-briefing</i> sull'esperienza vissuta
<i>Eventuale recupero</i>	

### Modelli logici per la costruzione consapevole della conoscenza

In questo paragrafo ci occuperemo di *modelli dal punto di vista del loro uso didattico* come 'macchine cognitive' per *sistemare i dati e costruire conoscenza significativa* su tematiche di studio e ne presenteremo alcuni distinguendone le specificità e le possibili applicazioni<sup>9</sup>. Sotto questo profilo si definisce forte un modello che 'gira', cioè che applicato a una determinata problematica ci permette di produrre conoscenza su di essa.

Dal punto di vista pratico, *per costruire un modello si parte sempre da uno strumento logico-formativo ad hoc*, quale una tabella a colonne o a doppia entrata che, dal punto di vista, rappresenta il 'recinto mentale' in cui si vanno a ordinare i dati in base a delle categorie di appartenenza; una volta determinate, le categorie vengono sistemate nell'intestazione della tabella originando delle colonne (o degli incroci nel caso della tabella a doppia entrata) in cui si andranno a sistemare, ricavandoli con varie tecniche (lettura del testo, ricorso alla propria enciclopedia personale, inferenze, altre memorie, ecc.) i dati appartenenti a quella categoria concettuale. Una volta completata la sistemazione dei dati, ci troviamo di fronte a dei *frammenti di conoscenza* categorizzati secondo una logica stabilita e possiamo quindi costruire sulla problematica affrontata una *conoscenza dichiarativa e/o procedurale* che risulta corretta dal punto di vista scientifico, poiché i dati sono stati ordinati secondo criteri ponderati, e prodotta autonomamente, in quanto

<sup>9</sup> L'analisi epistemologica del concetto di modello viene svolta in questo volume nei contributi di Lacchini e Toppino, il primo più sul versante matematico, il secondo più sul versante tecnologico.



non derivano da una memorizzazione ma da una ricerca e da una lettura selettiva effettuata rispondendo a delle domande di categorizzazione che obbligano l'allievo a decodificare ciò che è scritto o rappresentato nelle diverse memorie che utilizza per individuare e ricavare i dati utili alla ricerca stessa.

Vediamo ora alcuni esempi concreti di modelli logici che ci permetteranno di chiarire meglio questa *dinamica cognitiva* che presiede alla loro costruzione e al loro utilizzo.

### *Il modello logico CO.CO. (Costruzione del concetto)*

<i>Denominazione</i> (nome dell'oggetto)	<i>Definizione</i> (che cosa è?)	<i>Funzioni</i> (a che cosa serve?)	<i>Partizioni</i> (da quali parti o elementi è composto?)	<i>Caratteristiche</i> (come si presenta?)	<i>Testo</i> (derivante dall'insieme delle risposte)
La matita	...	...	...	...	La matita...
...	...	...	...	...	...

In tabella abbiamo riportato la testata del *modello CO.CO.* che contiene le cinque categorie che consentono di formalizzare il *costrutto concettuale di qualsiasi oggetto o elemento dotato di fisicità* rispondendo alle domande appartenenti a ciascuna categoria.

Nella prassi didattica quotidiana gli alunni utilizzando il libro di testo, che riporta informazioni sul problema posto, lo interrogano secondo le domande stabilite e procedono a riportare i dati utilizzando tre colori: *nero o blu* per le informazioni ricavate direttamente dal libro di testo (*dati espliciti*); *verde* per i dati che essi ricavano dalla propria esperienza o enciclopedia mentale (*dati inferiti*); *rosso* per le informazioni non presenti nel testo, né conosciute dagli alunni ma che sono state ricercate su altre memorie come dizionari, enciclopedie cartacee, riviste, Internet, o fornite dall'insegnante (*dati ricercati*). La stesura del testo che descrive la conoscenza dell'oggetto è ottenuta dall'unione dei singoli atti linguistici presenti nelle cinque colonne e rappresenta la *conoscenza costruita consapevolmente*, scientificamente corretta e significativa in quanto non verrà mai più dimenticata.

### *Il modello logico R.A.RE.CO per la costruzione della conoscenza in ambito scientifico e tecnologico*

Le capacità operative maturate con la costruzione e l'uso degli strumenti formativi concorrono evidentemente alla maturazione di un *metodo di studio* e sono alla base della costruzione di modelli logici da applicare a diversi contesti conoscitivi.

Fra questi il modello R.A.RE.CO (Rappresentazione, Analisi, Relazioni, COmunicazione), ideato e sperimentato dalla scrivente in un lavoro pluriennale di ricerca e lavoro d'aula con alunni e insegnanti di tutti gli ordini di scuola in numerose zone del Paese, consente la *costruzione di conoscenza in tutti gli ambiti scientifici e tecnologici*.

Esso consiste, in estrema sintesi, nella costruzione di una serie di 'quadranti' che, partendo dalla rappresentazione grafica o fotografica o schematica di un oggetto, macchina, sistema, processo produttivo, fenomeno naturale:

- ne rappresenta l'*analisi spaziale* per parti ed elementi e i rapporti di appartenenza mediante un grafo ad albero con relativa legenda;
- ne individua, numerandole, e *denomina* distintamente le parti e/o elementi costitutivi;



mamente lineare e assolutamente non ambiguo, in modo che chiunque legga sia in grado di comprendere completamente il procedimento senza incorrere in errori ed eseguendo le varie operazioni in modo e nell'ordine logico e cronologico indicati. Si tratta di un tipo di comunicazione largamente impiegata in tecnologia e anche molto diffuso nella vita quotidiana, quando ad esempio utilizziamo delle istruzioni di montaggio di un mobile o di un kit di modellismo. Per guidare gli alunni ad interiorizzare la struttura concettuale che presiede a questa specifica modalità comunicativa, si utilizza il *modello logico O.V.E.S.T.*, di cui in tabella forniamo una esemplificazione della testata con l'esplicitazione dei criteri di costruzione della comunicazione e dell'ordine in cui essi vanno disposti nel testo e l'inizio di una procedura di assemblaggio. Come si nota nelle colonne dei criteri, le varie informazioni sono disposte secondo un ordine corrispondente alle *operazioni mentali* che l'alunno effettua nel pensare a una procedura (qual è l'oggetto, che cosa faccio, dove lo sistemo, poi...), mentre il testo scritto che comunica la procedura segue un *ordine linguistico* che evita l'anacoluto che risulterebbe dalla frase "la piastra di metallo l'appoggio sul supporto". Il testo scritto così montato, rispettando i criteri dati e l'ordine sequenziale stabilito, risulta quindi corretto sotto il profilo linguistico e rigoroso e non ambiguo dal punto di vista tecnico procedurale.

<i>Oggetti</i> 3.	<i>Verbi operatori</i> 1.	<i>Spazio (luogo)</i> 2.	<i>Inter-punzione</i> 4.	<i>Tempo</i> 5.	<i>Testo</i>
La piastra di metallo di forma quadrata con i quattro fori in corrispondenza di ogni spigolo	appoggiate	sul supporto di legno e al centro di questo	,	poi	(1) Appoggiate (2) sul supporto di legno e al centro di questo (3) la piastra di metallo di forma quadrata con i quattro fori in corrispondenza di ogni spigolo (4), (5) poi (1) fissatela (2) al supporto di legno (3) con quattro bulloni, uno in ogni foro (4), (5) successivamente...
Con quattro bulloni, uno in ogni foro	fissatela	al supporto di legno	,	successivamente	

*Modello logico W.H.W. per la costruzione della conoscenza (what, how, why, che cosa, come e perché)*

Nello studio dei materiali uno dei problemi più impellenti dal punto di vista dell'economia di studio è quello di evitare che lo studente consumi il suo tempo a memorizzare pagine e pagine dedicate ai diversi materiali e alle fasi di lavorazione, puntando invece a dotarlo di un modello logico che gli consenta di individuare nel libro di testo gli *elementi ricorrenti* delle procedure di lavorazione che risultano analoghe pur nel variare dei materiali. Per individuare queste costanti si interrogano i dati di alcuni testi descrittivi della lavorazione di alcuni materiali e si ricava che in tutti i casi compaiono, oltre alle denominazioni dei materiali stessi, dei *verbi* che indicano differenti operazioni, delle *descrizioni* che riportano come tali operazioni vengono effettuate e delle *spiegazioni* relative al perché ciascuna operazione è svolta. Siamo così in grado di costruire un modello logico (vedi tabella), che è basato su tali costanti e permette all'alunno di individuare nel *continuum* del testo scritto gli atti linguistici riferibili a cia-

scuna costante e di andarli a sistemare nelle rispettive colonne, numerandoli secondo le fasi e le singole operazioni di lavorazione. Come ben si comprende, lo studio dei materiali non è più affidato a una noiosa memorizzazione o a dei riassunti che ne impoveriscono il sapere, ma si effettua prendendo coscienza sia dell'ordine procedurale, sia delle singole operazioni che lo costituiscono, sia delle ragioni per le quali ogni operazione viene effettuata in un certo modo. Si tratta quindi di un apprendimento analitico e sintetico insieme che porta alla maturazione di un metodo di studio permanente, che può essere utilmente impiegato in tutti i casi nei quali l'aspetto procedurale rappresenta un elemento essenziale della conoscenza, ad esempio nell'analisi e risoluzione di problemi matematici e geometrici, nello studio di fenomeni fisici, eventi storici, ecc.

<i>Materiali o materia prima</i>	<i>Verbi operatori (conoscenza dichiarativa: cosa faccio?)</i>	<i>Descrizione (conoscenza procedurale: come lo faccio?)</i>	<i>Ragione (conoscenza esplicativa: perché lo faccio?)</i>	<i>Testo</i>
Gli stracci	1. I cittadini li inseriscono in appositi contenitori	1.1. Dentro sacchetti di plastica	1.2. Perché possano essere riciclati	1. I cittadini li inseriscono in appositi contenitori dentro sacchetti di plastica perché possano essere riciclati. 2. I contenitori vengono svuotati (raccolta degli stracci)...
	2. I contenitori vengono svuotati (raccolta degli stracci)	2.1. Con i guanti e sistemati in sacchi per il trasporto	2.2. Come sopra	

## Conclusioni

Il nostro itinerario dimostrativo su ciò che risulta oggi più urgente per conferire alla tecnologia nella scuola un ruolo finalmente adeguato alla pervasività che la tecnologia stessa riveste nel mondo del lavoro, nell'esistenza quotidiana e in ogni aspetto del nostro agire si conclude qui.

Abbiamo prospettato una serie di contenuti che devono essere inseriti nei curricoli scolastici per rendere l'insegnamento rispondente alla funzione formativa e all'assetto scientificamente fondato della tecnologia e ne abbiamo sottolineato la dimensione etica per consentire ai giovani di assumere progressivamente un ruolo di responsabilità, sia come cittadini sia come lavoratori, e una coscienza documentata delle connessioni fra le scelte politiche ed economiche e gli sviluppi della ricerca e della produzione.

Abbiamo poi dimostrato come per questa nuova frontiera dell'insegnamento tecnologico sia necessario imboccare la strada maestra della scuola laboratorio, coniugando gli strumenti, le tecniche, i modelli logici propri della tecnologia con le strategie didattiche che rendono l'alunno protagonista del processo di insegnamento-apprendimento e lo guidano a maturare consapevolezza del proprio apprendimento e capacità di autovalutazione metacognitiva del proprio operato.

Non ci resta dunque che augurarci un'elevata attenzione da parte dei decisori politici affinché le prossime iniziative di riforma si muovano tenendo conto di una ricerca pluriennale e dei contributi più validi che hanno, nonostante tutto, trasformato la tecnologia in una *disciplina del fare consapevole e della riflessione sul fare*, essenziale oggi per una formazione a tutto campo dei futuri cittadini.

---

## ROBOTICA EDUCATIVA

Maurizio Garbati\*

\*Docente di Tecnologia - Piacenza

---

### Nuovi ambienti di apprendimento: il laboratorio di progettazione microrobotica

Il laboratorio di progettazione microrobotica, sviluppata e sperimentata ai diversi livelli del sistema educativo con materiali didattici tecnologicamente avanzati, si connota come innovazione di percorsi di insegnamento-apprendimento in area tecnologica.

Tale attività si realizza in una prospettiva che vede lo *studente* come attivo co-costruttore di conoscenze, orientato al perseguimento di crescente riflessione, consapevolezza e auto-valutazione dei propri processi. Si tratta di un'innovazione coerente con i procedimenti del pensiero tecnologico, in cui il laboratorio di microrobotica viene usato come *ambiente d'apprendimento*, spazio strutturato in cui gli studenti possono lavorare insieme, collaborare per imparare ad usare una molteplicità di strumenti nella prospettiva comune del perseguimento di obiettivi d'apprendimento, con attività connesse alla individuazioni di problemi e di scelta di decisioni. In questo contesto i *set cibernetici* sono risorse cruciali nei nuovi ambienti d'apprendimento: veri *oggetti su cui riflettere* che, attraverso la semplice simulazione e la costruzione di modelli, generano 'integrazione cognitiva' attraverso un apprendimento attivo e costruttivo, contestuale e problematico.

#### *Il contesto teorico*

*"I bambini adorano costruire oggetti, così mi dissi, scegliamo un set di costruzioni e aggiungiamogli tutto quello che serve per creare dei modelli cibernetici. I bambini dovranno essere in grado di costruire una tartaruga dotata di motori e sensori e avere il modo di scrivere programmi Logo per guidarla; ma se desiderano fabbricare un drago o un camion o un letto ribaltabile, devono avere anche quella possibilità. L'unico limite deve essere quello della loro immaginazione e delle loro capacità tecniche. Nel caso dei primi esperimenti condotti sulla scorta di questo indirizzo, i motori e i sensori dovettero essere collegati a un computer tramite un'interfaccia. In tempi più recenti siamo riusciti a costruire computer abbastanza piccoli da poter essere inseriti nei modelli stessi. La differenza è sostanziale; ora l'intelligenza si trova in realtà all'interno del modello non in un computer fuori scala. Inoltre i modelli possono essere autonomi. Possono muoversi a piacimento senza un cordone ombelicale. Tutto insomma appare più reale"*<sup>10</sup>. Così scrive Seymour Papert, ricercatore e studioso operante presso il prestigioso MIT (Massachusetts Institute Technology) di Boston, uno dei centri di ricerca che maggiormente si occupa di sviluppo tecnologico e degli effetti che questo ha sulle dinamiche culturali della società odierna.

---

<sup>10</sup> S.Papert, *I bambini e il computer*, Rizzoli, Milano, 1994.

È stato merito soprattutto del *costruzionismo* di Papert l'aver messo in luce il ruolo degli artefatti cognitivi nella costruzione della conoscenza, la quale è il risultato di un impegno attivo col mondo attraverso la creazione e manipolazione di artefatti tangibili (siano essi castelli di sabbia, programmi di computer, costruzioni LEGO, composizioni musicali, ecc.), che rivestano un particolare significato personale e che siano *oggetti su cui riflettere*. In altre parole, secondo S. Papert, l'ideazione che ha luogo nella testa risulta più efficace se è supportata dalla costruzione di qualcosa di concreto. Da un punto di vista teorico il suo contributo si può ricondurre a un'interpretazione e rivisitazione di quelle che erano le osservazioni proprie degli psicologi cognitivisti, il cui uso pedagogico attuale si fa risalire alla dottrina di Piaget. Papert, oltre ad offrire un grosso contributo teorico, presenta anche invenzioni pratiche come il linguaggio Logo e l'estensione di questo ad un vero e proprio *set di robotica*, in modo da offrire ai bambini non solo strumenti per concretizzare il pensiero astratto, ma anche per realizzare 'creature artificiali'.

### *Robotica*

La robotica è la disciplina che sviluppa sistemi artificiali che presentano sia le prestazioni dei sistemi informatici, sia le prestazioni che derivano dalla interazione con l'ambiente, tramite sensori e attuatori. Molti hanno sentito parlare di robot, ne hanno visto qualcuno in immagini e ne conoscono gli impieghi. Ma la visione che si ha attualmente della robotica spesso non è completa né corretta. Questo perché si tratta di una scienza recente, in via di sviluppo, in cui c'è un'oggettiva carenza di divulgazione, anche se la fantascienza ha anticipato il lavoro scientifico vero e proprio. Nel caso della robotica è stata la letteratura a delineare i tratti salienti di una scienza non ancora esistente. Due esempi. La parola *robot* viene da una rappresentazione teatrale che fu scritta nel corso degli anni Trenta dello scorso secolo. Poi, la parola Robotica, per intendere la scienza che studia e costruisce robot è stata coniata dallo scrittore di fantascienza Isaac Asimov, in un racconto nel quale introduce per la prima volta le tre leggi della Robotica. L'inventore americano Joseph F. Engelberger, considerato tra i padri fondatori della robotica, restò talmente affascinato dall'idea di poter costruire 'creature artificiali' in grado di aiutare l'uomo e liberarlo dall'onere di compiti ingrati e pesanti, da dedicare la sua vita alla realizzazione di questa idea. Le aree fondamentali della robotica sono i sistemi di visione e percezione artificiale, la manipolazione, la navigazione e i sistemi per l'automazione della produzione, i sistemi artificiali di supporto al nostro corpo.

### *Il rapporto informatica/robotica*

In questo scritto ci sembra opportuno sottolineare alcuni termini ricorrenti: ci riferiamo all'informatica e alla robotica ed ai loro stretti legami disciplinari, concettuali ed operativi.

A livello scolastico nel laboratorio di informatica trova spazio anche l'attività di microrobotica dove i diversi gruppi di lavoro, a rotazione, si alternano in attività di:

- realizzazione di *macchine* ed *automi*;
- programmazione al computer.

Esiste una buona produzione di materiali utilizzabile ai diversi livelli e, nel caso di laboratorio di robotica educativa, il kit MindStorms rappresenta una dotazione fondamentale che consente di acquisire abilità e conoscenze nella progettazione e programmazione ed anche per approfondire alcuni aspetti del rapporto informatica/robotica. In quest'ultimo caso si tratta di percorsi di sperimentazione legate in particolare all'introduzione di importanti concetti quali:

A. il *feedback*;

B. i *comportamenti emergenti*.

L'informatica si occupa della concezione, progettazione, realizzazione ed applicazione di particolari macchine, dette macchine dell'informatica o più semplicemente elaboratori. L'informatica si considera, opportunamente, come strettamente collegata alla robotica, che si occupa a sua volta della concezione, progettazione, realizzazione ed applicazione di macchine, dette macchine della robotica o robot interattori. Le tecnologie informatiche si basano sull'impiego dell'elaboratore, mentre la robotica, strettamente collegata all'informatica, è basata sull'impiego del robot/interelaboratore.

### **Robotica educativa**

In questi ultimi anni diversi lavori di ricerca provenienti soprattutto dall'area delle tecnologie didattiche hanno posto l'attenzione sui nuovi ambienti e strumenti per l'apprendimento scolastico che possiamo anche definire contesti di 'apprendimento motivanti'. Cercheremo di dimostrare che lo sviluppo di questi nuovi ambienti educativi ha seguito un percorso coerente strettamente intrecciato con l'attività di ricerca in ambiti diversi che vanno dalla Psicologia alla Robotica evolutiva. Il loro contributo fondamentale è stato quello di aver riconsiderato e proposto la robotica anche dal punto di vista educativo e quest'area di interesse va sotto il nome di Robotica Educativa. Disciplina ancora giovane, che dispone tuttavia di un buon patrimonio di ricerca, di valide esperienze e proposte curriculari ai diversi livelli dell'insegnamento. Attinge a contributi provenienti da discipline diverse quali la cibernetica, l'Intelligenza Artificiale, l'informatica, la biologia,, ma anche la psicologia e le neuroscienze.

I ragazzi acquisiscono una vasta gamma di conoscenze e familiarizzano con quei sistemi che rientrano nella categoria dei cosiddetti *sistemi dinamici complessi*.

#### *La tecnologia disponibile*

I *mattoncini programmabili* si rifanno ai primi lavori di Papert e sono fondamentali in robotica educativa in quanto concretizzazione delle idee esplorate con il Logo. Una delle prime ricadute commerciali delle ricerche svolte nel campo della Vita Artificiale e della Robotica ha investito proprio il mondo dell'educazione. Si tratta dei Lego Mindstorm, un prodotto nato dalla cooperazione tra il Massachusetts Institute of Technology (MIT) e la Lego (l'industria danese famosa per i mattoncini da costruzione). Nel 1984 la Dacta in collaborazione con MIT cercarono di collegare un linguaggio di programmazione al materiale LEGO.

Questa collaborazione ha prodotto: *LEGO TC*, *Control Lab*, *The Intelligent House* e la

tecnologia che è riscontrabile nei prodotti *LEGO MINDSTORMS*: una linea che permette di inventare, programmare e costruire robot.

ROBOTICS INVENTION SYSTEM™ (RIS) è il prodotto più vicino alle famiglie ed è commercializzato in versione italiana e reperibile presso i negozi che distribuiscono i prodotti LEGO.

ROBOLAB è un prodotto destinato alle istituzioni formative. A differenza del RIS, disponibile in un'unica configurazione, RoboLab è acquistabile in configurazione personalizzata: oltre agli stessi pezzi del RIS, con RoboLab è possibile acquistare singoli componenti. A livello di ambiente di programmazione i due kit usano differenti software. Chi ha utilizzato i diversi set che successivamente venivano posti sul mercato ha potuto constatare che, così come la serie Technic aveva portato la meccanica nel mondo dei mattoncini, la prima versione della *Mindstorms* (RIS, *Robot Invention System*) segnò una vera rivoluzione nel mondo delle costruzioni, in quanto rendeva autonomo il robot. Si è scelto di descrivere i prodotti di robotica della Lego in quanto risultano essere i più citati in lavori di ricerca in contesti educativi.

### Cos'è un set di robotica educativa

*Mindstorms* appartiene alla categoria di oggetti, tecnologicamente avanzati, che nell'ambiente sono definiti '*giocattoli per pensare*' ed è il risultato di oltre dieci anni di ricerca e sviluppo in stretta collaborazione tra il *Media Laboratory del Massachusetts Institute of Technology* - MIT e la *Lego Company*. Si tratta di una componentistica introdotta a partire dalla fine del 1998, inizialmente solo in USA e UK. In Italia il set compare l'anno successivo come gioco. Il kit di robotica Mindstorms è indirizzato alla realizzazione di piccoli robot autonomi in grado di interagire fra se stessi e con l'ambiente.

Il punto di forza del successo dei mattoncini intelligenti è che da sempre i ragazzi usano il gioco per esplorare il mondo e imparare come funzionano le cose e, senza voler essere troppo riduttivi, è proprio nelle due parole *esplorare e funzionare* che potremmo individuare le coordinate di riferimento dell'esperienza di microrobotica considerata come *ambiente di apprendimento*.

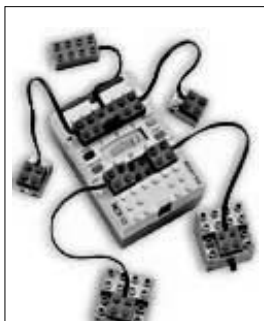


Fig. 1



Questo set di robotica educativa comprende il microprocessore RCX, software CD rom, 717 pezzi, compresi 2 motori e 3 sensori tattili, 1 sensore di luce il trasmettitore a raggi infrarossi, materiale di documentazione (le sfide guidate e la *constructopedia*).

L'elemento fondamentale del set è il 'mattoncino intelligente' denominato RCX. Altri set sono stati posti sul mercato successivamente e con configurazioni personalizzate in modo di poter soddisfare le diverse esigenze di un'attività di robotica educativa. La più recente è LEGO® MINDSTORMS® NXT: la nuova generazione di Robotica per la Didattica disponibile in Italia.

Incoraggiando il successo globale dell'originario LEGO MINDSTORMS Robotics Invention System, introdotto nel 1998, il gruppo LEGO sta usufruendo delle nuove tecnologie, quali un processore a 32bit, nuovi motori e sensori, comunicazione Bluetooth® wireless ed evoluti strumenti di sviluppo software. Il nuovo software, sviluppato in LabVIEW, fornisce un ambiente di programmazione ricco di caratteristiche e dall'utilizzo intuitivo, consentendo una programmazione basata sul *click-and-drag* di icone (fig. 2).

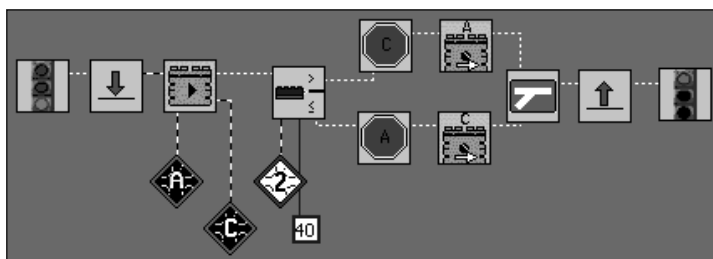


Fig. 2

### Il mattoncino RCX

Viene anche indicato con la sigla MP (Mattoncino Programmabile) ed è un piccolo computer portatile inserito nel classico mattoncino Lego, capace di azioni di *interazione* con la realtà fisica secondo modi diversi (fig. 3). Il suo utilizzo apre interessanti possibilità a livello di apprendimenti dei ragazzi.



Fig. 3

RCX è un piccolo computer dotato di tre porte di output (per pilotare motori), tre porte di input (per collegare sensori), un display, 4 pulsanti e una interfaccia a infrarossi.

si (IR) per collegarsi ad un personal computer. Il kit consente di progettare e creare robot reali che fanno ciò che vuoi: interagiscono tra loro e con l'ambiente.

#### *Caratteristiche dell'hardware*

Il mattoncino programmabile si caratterizza per essere molto compatto, aver un computer integrato, essere modulare e flessibile, i linguaggi adatti a varie esigenze, il costo relativamente contenuto. I prodotti oggi maggiormente in uso per attività di robotica educativa sono rappresentati da kit, tecnologicamente avanzati, che potremmo agevolmente definire *'giocattoli per pensare'*.

### **Il laboratorio di progettazione microrobotica**

Una prima ed ovvia domanda che ci si deve porre è cos'è la microrobotica, quando si è sviluppata e dove. Non esiste scientificamente una definizione, ma possiamo concordare nel dire che è una nuova 'disciplina' in via di strutturazione, che si occupa di applicazioni a livello scientifico, ludico ed educativo di robot che potremmo definire più 'piccoli' rispetto a quelli noti utilizzati in ambito industriale e di ricerca scientifica.

Distinguiamo pertanto robot intesi come *'giocattoli che fanno pensare'* utilizzati in ambito educativo e una microrobotica più specifica per hobbisti. Nel primo caso vanno ricercate tutte le potenzialità educative attraverso un *'ambiente stimolante'* di apprendimento in grado di creare motivazioni allo studio di diverse discipline, nonché di metodologia innovativa nell'insegnamento della tecnologia. Per quanto riguarda l'origine dell'idea dell'utilizzo di robot in contesti educativi occorre far riferimento ai lavori del MIT di Boston negli anni '80 a cura di S. Papert, e F. Martin. La microrobotica si può introdurre a diversi livelli di scuola.

*Organizzazione del lavoro.* Ogni gruppo, formato da non più di 4 alunni, realizza, a rotazione, attività che possiamo organizzare ed articolare secondo attività con sensori, ingranaggi, motori; attività di progettazione e realizzazione di macchine ed automi; attività di programmazione, verifica, collaudo.

*Il percorso di lavoro in microrobotica.* Un possibile percorso di applicazione di set di robotica educativa potrebbe concretizzarsi nelle seguenti fasi:

- A - presentazione, osservazione, analisi esplorazione della componentistica;
- B - costruzione/ progettazione guidata;
- C - progettazione autonoma;
- D - collaudo e verifica del progetto;
- E - documentazione dell'esperienza.

#### *Attività della fase A: osservazione/ manipolazione/ classificazione*

È una fase fondamentale dell'esperienza, in quanto permette l'acquisizione da parte degli alunni dei principi elementari della meccanica. Sarebbe opportuno poter disporre di una lavagna luminosa per poter illustrare meglio disegni, schemi, schede di osserva-

zione, modelli e componentistica. La fase A potrebbe articolarsi nei due momenti: lezione/dialogo introduttiva e attività di *braistorming*. L'insegnante sollecita l'interesse dei ragazzi per il mondo della meccanica attraverso le attività di studio dei componenti di un kit e di analisi di modelli di macchine ed automi.

*Obiettivi:* saper riconoscere e classificare i diversi pezzi della componentistica; utilizzare una terminologia specifica; conoscere le relazioni dimensionali; conoscere il funzionamento di semplici ingranaggi e meccanismi; acquisizione di conoscenze funzionali alle successive fasi di costruzione.

*Competenze:* saper organizzare i componenti di un kit sulla base di criteri dati; individuare in oggetti, apparati, modelli, macchine ed automi i meccanismi e gli ingranaggi; progettare e costruire modelli con ingranaggi 'efficaci'; saper realizzare spaziature efficaci in strutture meccaniche.

*Attività:* manipolazione, osservazione e riorganizzazione della componentistica; osservazione di modelli di macchine e automi precedentemente costruiti: come è fatto e come funziona; smontaggio/ricostruzione del modello: studio della componentistica; costruzione di semplici apparati tecnici per lo studio degli organi di trasmissione e trasformazione del moto.

#### *Attività della fase B: costruzione guidata*

Si tratta di un'attività che prevede la realizzazione di modelli attraverso le schede guida incluse nei kit. In questa fase non si può parlare di una progettazione vera e propria in quanto gli alunni, per la costruzione dei modelli, utilizzano informazioni ben dettagliate riguardanti le procedure che i sequenzialmente dovranno seguire nelle diverse fasi costruttive fino all'oggetto finito. Più correttamente sul piano metodologico-operativo la potremmo definire una fase di assemblaggio. In pratica un apprendimento guidato, ma indispensabile per poter acquisire un'operatività corretta e funzionale ad una successiva progettazione personale ed autonoma.

#### *Attività della fase C: progettazione/realizzazione autonoma*

È la parte di effettiva progettazione dove gli alunni progettano e realizzano macchine e robot; programmano il funzionamento di macchine; sperimentano programmi per definire i comportamenti del robot. L'attività permette di poter iniziare una progettazione non guidata, di apportare varianti costruttive di integrazione ai modelli definiti dalle schede guida e l'introduzione nella progettazione di nuove situazioni problematiche la cui soluzione richiedeva un attento lavoro di ricerca da parte degli alunni ed un'attività collaborativa nell'ambito del gruppo. Sul piano degli apprendimenti e delle potenzialità formative della robotica, la fase C è senz'altro una delle più qualificanti l'attività del laboratorio di microrobotica. Una parte che potremmo definire costruttivista, dove l'input pratico-procedurale dell'esperienza consente l'acquisizione della conoscenza.

### *Attività della fase D*

Si procede al collaudo-verifica dei progetti nella quale viene confermata sia la validità delle scelte/soluzioni progettuali in relazione alla stabilità delle strutture e la loro affidabilità, sia agli aspetti più specifici dell'attività di programmazione.

### *Attività della fase E*

Potremmo anche definirla fase di documentazione dell'esperienza: ogni gruppo attraverso le schede di lavoro, disegni, foto, cartelloni socializza attraverso una riflessione degli aspetti qualificanti l'esperienza, valuta le scelte fatte in relazione alle problematiche e ipotesi di lavoro. Sarebbe opportuno che l'insegnante potesse tradurre gli elementi di maggior interesse in lucidi da proiettare con la lavagna luminosa. Ciò per facilitare/guidare la discussione sui lavori realizzati. È la parte metacognitiva dell'esperienza, fondamentale per rendere consapevoli i ragazzi dei percorsi seguiti e dell'acquisizione di concetti e competenze utilizzabili anche in altri contesti.

Per facilitare il lavoro delle diverse fasi si possono utilizzare schede di nomenclatura e osservazione componentistica. Nel percorso operativo e da parte del docente un'attenta valutazione delle singole fasi dei percorsi nell'ottica di mediare/intervenire per aiutare i ragazzi a scoprire, esplorare, inventare, progettare, porre problemi e pensare a come trovare delle risposte. Pur nell'artificiosità di una differenziazione organizzativa dei laboratori di microrobotica, riconosciamo i due momenti portanti dell'esperienza: la *soluzione di problemi di tipo meccanico* e la realizzazione di strutture; la *programmazione* per il controllo di macchine ed automi. Sono questi gli elementi comuni all'esperienza che ritroviamo in tutte le attività di robotica educativa. Il giusto dosaggio degli aspetti strutturali rispetto ad un approfondimento della parte di programmazione resta un compito dell'insegnante che dovrà equilibrare le attività secondo il contesto in cui opera, le motivazioni, gli interessi e le dinamiche specifiche.

## **Didattica del laboratorio di progettazione microrobotica**

Implementare un laboratorio di robotica educativa, a livello logistico ed organizzativo, comporta prioritariamente la soluzione di problematiche relative agli spazi strutturati ove collocare fisicamente l'attività. Un buon laboratorio di informatica, opportunamente dotato anche di spazi per riporre i kit (armadi e ampi tavoli di lavoro), potrebbe anche accogliere la progettazione microrobotica essendo la robotica educativa la risultante di attività appartenente al mondo degli automi (Robot) e al mondo dei bit (Computer per programmare). I nuovi set di robotica educativa consentono la realizzazione di veri 'oggetti cibernetici', ad esempio di robot dotati di sensori (di contatto, luce, ecc.) e attuatori (motori), dai quali trarre importanti conoscenze non solo a livello progettuale di strutture, siano esse macchine o automi, ma affrontare concetti appartenenti alla cibernetica, quali feedback e comportamenti emergenti. Senza voler entrare nel merito di un'analisi approfondita delle metodologie didattiche che caratterizzano e differenziano la didattica di aula da quella di laboratorio, l'esperienza di microrobotica, ma il discorso potrebbe valere anche per laboratorio in senso lato, permette al docente

di realizzare, in area tecnologica, un'attività di insegnamento/apprendimento coerente con le strutture della disciplina e innovativa sul piano metodologico. Il laboratorio di progettazione microrobotica si caratterizza sostanzialmente come attività di sperimentazione metodologica che tiene conto dei seguenti criteri di organicità e coerenza:

- possibilità di un reale inserimento nella pratica scolastica;
- grado di interattività e di coinvolgimento alunni;
- efficace integrazione di aspetti progettuali e di programmazione informatica;
- coinvolgimento di più ambiti disciplinari;
- rilevanza concettuale e formativa dei contenuti/abilità/competenze;
- possibilità di organizzare i percorsi didattici per livelli.

Il laboratorio di progettazione microrobotica, coerentemente con i procedimenti del pensiero tecnologico, si caratterizza per:

- la ricerca di scelte razionali e di ottimizzazione delle stesse in attività di progettazione/realizzazione;
- l'utilizzo di linguaggi specifici della tecnologia;
- la costruzione di modelli per la lettura di un fatto o fenomeno in area tecnologica;
- la possibilità di progettare e realizzare modelli analogici di sistemi complessi, dove il principio dell'analogia non si riscontra tanto nella corrispondenza di materiali, quanto piuttosto nella visualizzazione tangibile di rapporti topologici, funzionali, di relazione e di sequenzialità logica;
- la valorizzazione dello strumento informatico visto non solo come fine, ma mezzo per nuovi e più stimolanti apprendimenti;
- l'introduzione dell'alunno nel mondo tecnologico in percorsi progettuali e informatici;
- l'utilizzo di metodologie didattiche quali la scoperta guidata e il *problem-solving*;
- abituare i ragazzi ad un lavoro collaborativi di gruppo per individuare i problemi, scegliere e condividere soluzioni, verificare i risultati.

L'esperienza di microrobotica a livello di insegnamento/apprendimento, mette in evidenza:

- un'operatività coerente con le indicazioni metodologiche via via prodotte e che si caratterizza per essere assunta simultaneamente come obiettivo/metodo/contenuto;
- un'esperienza in cui si riconosce che l'input didattico da cui trarre le conoscenze tecniche e tecnologiche è fondamentalmente pratico/processuale. Il rapporto fra conoscenza ed esperienza operativa è nettamente circolare.

L'obiettivo di fondo dell'esperienza, in sintesi, è quello di insegnare a 'sviluppare progetti, inventare soluzioni, elaborare concetti'. Inoltre il laboratorio, sul versante dell'insegnamento, sollecita realmente il docente ad un lavoro di ricerca, formazione, sperimentazione.

I concetti sono in relazione a: stabilità/ instabilità di strutture, affidabilità, rendimento, forma-funzione; programmazione (teorie del controllo); *feedback* e comportamenti emergenti. Ma qual è il modello concettuale più adeguato alla definizione di comportamento di un robot? L'esempio ci viene dalla comparazione della nota tarta-

ruga geometrica nello stile Logo con quella che potremmo definire tartaruga cibernetica. Facciamo un esempio pratico. Dovendo un veicolo girare intorno ad una struttura a base quadrata, si tenderebbe ad impostare la soluzione nel modo seguente: “Vai avanti di un lato”, “Gira a sinistra esattamente di 90 gradi” e “Ripeti successivamente queste azioni per gli altri tre lati della struttura”. Il discorso invece cambia se noi possiamo disporre per il nostro veicolo di un sensore di contatto che consente di ‘percepire’ la superficie fisica reale e reagire di conseguenza. In pratica si tratta di simulare il comportamento di chi trovandosi al buio debba circumnavigare un ostacolo seguendo con la mano. A questo punto per il robot realizzare un programma significa mettere in relazioni input che provengono dall’ambiente (condizione) con i comandi che permettono di attivare i motori (azione). Formalizzare mediante regole il comportamento di un robot ha senz’altro importanti implicazioni sul piano sia cognitivo, sia metacognitivo.

### *Meccanismi di retroazione in robotica. Sensori e Feedback*

In microrobotica è possibile approfondire le conoscenze relative alla programmazione anche attraverso lo studio e l’utilizzo dei sensori ed attuatori. Un altro aspetto interessante dell’esperienza è rappresentato dalla possibilità offerta dai kit cibernetici di lavorare in modo nuovo e diverso con gli elementi che consentono al robot di interagire con l’ambiente. Concettualmente un meccanismo di *feedback* permette di adeguare il comportamento alle sollecitazioni provenienti dall’ambiente.

I sensori, della linea MindStorms sono di tatto ed ottici, ricevono informazioni dall’ambiente e a loro volta inviano un segnale al sistema.

### *I sensori*

Sono gli elementi che consentono al robot di interagire con l’ambiente. I sensori possono essere di tatto, ottici e di temperatura e ricevono informazioni dall’ambiente inviando a loro volta un segnale al microprocessore. Interagendo con l’ambiente esterno i sensori saranno perciò in grado di rilevare la presenza di eventuali ostacoli o la variazione intensità luminosa. Si avranno azioni consequenziali programmando opportunamente l’automa. Per collegare i sensori ottici al mattoncino RCX occorre montare un’estremità del cavo sul sensore e l’altra alla porta sensore di ingresso indicate dai numeri 1-2-3... Il sensore ottico è in pratica uno speciale mattoncino dotato di due piccoli fori attraverso i quali può entrare il segnale luminoso. Al suo interno troviamo una fotocellula in grado di percepire assenza o presenza di luce e variazione di intensità.

Il sensore ottico è un dispositivo che possiamo definire elettrico: è in grado cioè di trasmettere al sistema solo due stati fisici ben precisi che in una logica binaria sono definiti da 0 e 1. Utilizzando il Test Pad incluso nei kit insieme al sensore ottico sono possibili alcune attività significative come:

- far seguire al robot una linea nera quando il sensore ottico si trova rivolto verso il basso;
- fare in modo che il robot segua oppure eviti la luce quando il sensore viene ad essere rivolto in avanti.

Anche l'altro sensore, di tatto, viene collegato alle porte di ingresso dell'RCX e concettualmente funziona come il sensore ottico potendo assumere i due stati 0 ed 1 associati ad un interruttore che può, a seconda dei casi essere premuto o rilasciato.

Da un punto di vista procedurale ai due stati possibili dei sensori: 0 ed 1 si possono porre in relazione a due diversi comportamenti esibiti dal sistema come il fermarsi/attivare un movimento o cambiare la direzione in presenza di ostacoli.

Questi rapporti di evento/sensore sono molto importanti in quanto concettualmente introducono il meccanismo di *feedback* che consente di adeguare il comportamento del sistema alle sollecitazioni provenienti dall'ambiente.

#### *Studio dell'interazione robot/ambiente: i comportamenti emergenti*

Il mattoncino è esplicitamente programmato in modo che chi lo usa possa continuamente modificarlo e modificare i suoi comportamenti (approccio costruzionista del MP nell'apprendimento). Se per sistema intendiamo l'insieme dei mattoncini, sensori, attuatori ed RCX, allora possiamo definire il comportamento come la risultante di una continua e dinamica interazione del sistema con l'ambiente.

---

## IL TEMPO DELLE APPLICAZIONI TECNICHE

---

Sandro Romiti\*

\*Già docente di Educazione Tecnica - Piacenza

### Percorso metodologico del 'Fare ragionato'

Innanzitutto è utile specificare che il modello didattico che va sotto il nome di *fare ragionato* ha preso piede con l'avvento dell'insegnamento delle Applicazioni Tecniche maschili e femminili nella scuola media dell'obbligo, più precisamente dal 1963 (Decreto Ministeriale della Pubblica Istruzione - 24 aprile 1964) e parimenti in seguito alla soppressione degli Avviamenti Professionali.

L'insegnamento delle Applicazioni tecniche si proponeva di soddisfare gli interessi operativi dei ragazzi, di sviluppare la capacità di riconoscere e definire forme e rapporti di dimensioni attraverso la rappresentazione grafica, di abituarli a tener conto delle esigenze funzionali, di guidarli mediante esercizi tecnico-esecutivi finalizzati alla costruzione di semplici oggetti.

Si pensava che le Applicazioni Tecniche contribuissero in tal modo a un equilibrato sviluppo della personalità degli alunni, i quali erano guidati a sperimentare nel *fare ragionato* la successione delle fasi in cui si articola un consapevole processo operativo e, in primo luogo, alla scelta dei temi da tradurre in atto, attraverso un preliminare vaglio delle difficoltà da superare in rapporto alle proprie capacità e ai mezzi disponibili.

L'alunno era guidato dal docente a impostare razionalmente il proprio lavoro, qualunque esso fosse, per pervenire al risultato voluto, passando attraverso le fasi operative dell'*osservazione* dell'*ideazione*, della *progettazione*, con le sottofasi attinenti la rappresentazione grafica globale dell'oggetto, la rappresentazione grafica dettagliata dei medesimi, la *scelta dei materiali* (i quali non potevano essere altro che il legno e la carta per i maschi, stoffe, cotone da ricamo, lana, rafia per le femmine) e degli *attrezzi* corrispondenti alla loro lavorazione per procedere poi a definire il *preventivo delle spese*, indi l'*esecuzione* e il *collaudo*, la *discussione critica* e la *relazione finale*.

Vi era un programma per le scolaresche maschili e uno per le scolaresche femminili. Persisteva lo stereotipo che le ragazze fossero predisposte per la casa, la cucina, il ricamo e il cucito, e i maschi per attività di falegnameria. Alla fine di ogni anno scolastico si assisteva a una mostra che vedeva, per le Applicazioni Tecniche maschili, modestissimi oggetti finiti o realizzazioni di rudimentali impianti elettrici. Invece, per le Applicazioni Tecniche femminili venivano esposti oggetti che riguardavano la casa e il suo governo. Vi erano copritelevisori (come se i televisori dovessero essere coperti!), vi erano copritelefonici, che servivano per raccogliere polvere, per non parlare dei coprispazzole di velluto: in questo modo non sarebbe più stato possibile lavarle. Insomma una quantità di oggetti irrazionali e inutili.



Erano inoltre previste indifferentemente per le scolaresche maschili e femminili le applicazioni riguardanti il giardinaggio, l'orticoltura, la floricoltura, ecc. Riassumendo, come vediamo qui di seguito, il percorso operativo tipico del *fare ragionato* prevedeva le seguenti operazioni:

- 1) determinazione della funzione dell'oggetto;
- 2) scelta dei materiali e degli attrezzi corrispondenti più adatti;
- 3) elaborazione grafica (con descrizione dei particolari costruttivi);
- 4) preventivo del costo dell'oggetto;
- 5) esecuzione;
- 6) collaudo;
- 7) relazione critica finale.

Va altresì ricordata una cosa molto importante: il costo preventivato non corrispondeva certo a quello dell'oggetto eventualmente prodotto in serie.

In definitiva si parlava di Applicazioni Tecniche, ma non vi era nessun rapporto o analisi critica tra un oggetto prodotto in serie e uno prodotto artigianalmente, venivano ignorati i fattori importanti che qualsiasi azienda deve tenere presente nel preventivare il costo di un prodotto.

Nella stesura dei progetti veniva fatto notare nelle ore di Applicazioni Tecniche maschili, perché solo lì veniva insegnato, che il disegno tecnico è uno dei linguaggi della tecnica ed è universale, e deve perciò essere chiaro e comprensibile a tutti. Infatti il disegno ci permette di dare forma e dimensione alle nostre idee per evitare inutili e imprecisi tentativi di realizzazione. Attualmente è molto difficile che chi crea qualche nuovo progetto possa anche materialmente realizzarlo. Il mondo moderno esclude l'uomo tutto fare. C'è l'ideatore, ci sono gli artigiani, gli industriali cioè coloro che hanno i mezzi e le macchine per dare vita alla produzione e c'è anche l'operaio o l'esecutore, e ciascuno di loro ha un compito ben preciso da svolgere. È perciò indispensabile eseguire un disegno leggibile che possa essere realizzato anche da altri. Come lo scrittore deve dire ciò che pensa in modo che tutti possano capirlo, così il tecnico deve sapersi esprimere, attraverso il disegno, in modo altrettanto chiaro.

Il percorso metodologico del *fare ragionato* ha resistito dal 1964 agli inizi degli anni '70, dopo di che ha rivelato tutti i propri limiti ed è stato quindi soppiantato dalla metodologia operativa.

### **Esempio di applicazione del fare ragionato**

L'idea della realizzazione di un manico di carta cerata per un bicchiere a forma di tronco di cono dello stesso materiale è scaturita dall'osservazione di una serie di bicchieri costituiti da diversi materiali (cartoncino, vetro, plastica, ecc). La scelta è caduta su un bicchiere di carta, sapendo che quest'ultimo trasmette facilmente il calore dall'interno all'esterno del bicchiere, l'aggiunta di un manico oltre a consentirci di tenere agevolmente il bicchiere servirà ad evitare specie quando questo contiene bevande molto calde o molto fredde, il diretto contatto con la mano.

La modifica, ossia l'applicazione del manico risulta quindi senz'altro utile. Scegliamo

per la nostra costruzione un cartoncino della grammatura di g 200/m<sup>2</sup>: esso è abbastanza resistente e può facilmente sostenere il bicchiere. Inoltre, questo materiale renderà più facile l'unione dei due pezzi (bicchiere e manico) e permetterà di ridurre al minimo l'ingombro dell'aggiunta. Contemporaneamente alla scelta dei materiali (cartoncino e colla sintetica) sceglieremo gli attrezzi attinenti la lavorazione (cutter).

### *Progettazione del manico*

Si procede a rappresentare l'idea mediante uno *schizzo*. Sarà poi necessario definirne le dimensioni attraverso un preciso disegno quotato. Quotare un disegno, significa metterci le misure, per dargli delle dimensioni. Le misure vanno poste come indicato in figura. È bene precisare l'unità di misura nel foglio da disegno, per poter capire con sicurezza se il numero indicato esprime mm, cm, m, ecc. A questo punto risulterà facile trasferire il disegno sul materiale che verrà tagliato. Rimane una ultima operazione: i pezzi staccati (bicchiere e manico) non costituiscono ancora il nuovo oggetto: occorre che siano riuniti. Per impedire che vengano usati mezzi inadatti per l'unione delle due parti, per esempio punti di cucitrice invece che colla sintetica, occorrerà indicare con un terzo disegno e con scritte esplicative il procedimento di unione dei due pezzi componenti. Occorre cioè disegnare i *particolari costruttivi*.

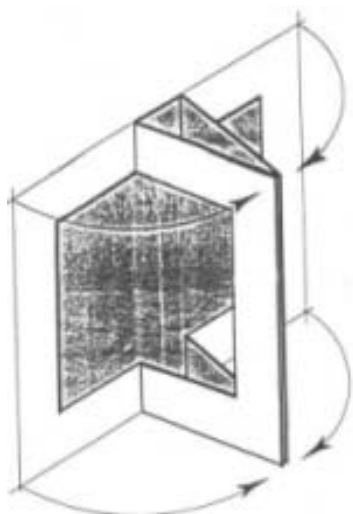
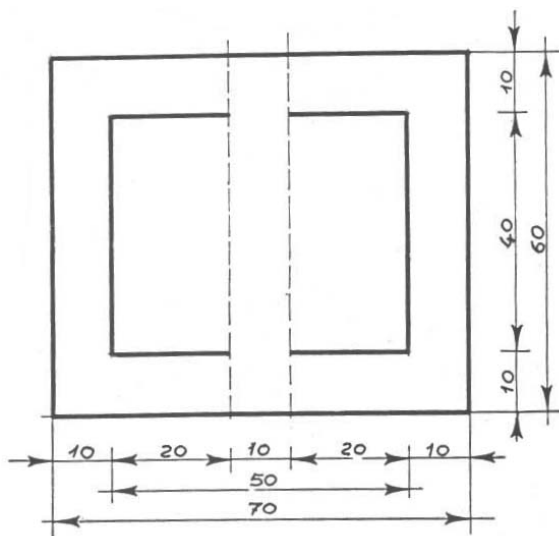
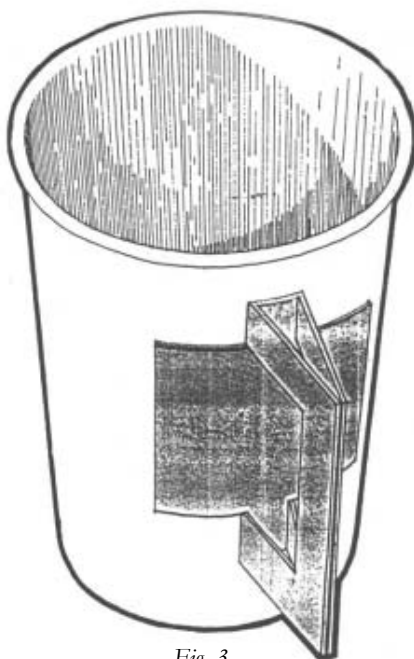
Se ora sommiamo il prezzo del cartoncino con le ore di lavoro che pensiamo di impiegare nell'esecuzione, avremo anche il *preventivo di costo*. Eseguiamo ora il lavoro e ci accorgeremo che verrà realizzato come lo avevamo ideato.

Terminata la fase esecutiva dovremo collaudare il nostro lavoro. È necessario, in questo caso, sincerarsi che l'impugnatura sia agevole e sufficientemente resistente quando il bicchiere è pieno. Una volta terminato il lavoro, *verificata la funzionalità*, si passa alla stesura di una relazione *conclusiva*. In essa sarà necessario spiegare i vari momenti dell'esperienza fatta, a partire dall'ideazione fino al collaudo.

Gli argomenti principali da considerare potrebbero essere i seguenti:

- motivo dell'ideazione;
- spiegazione dei principi fisici applicati;
- confronto con applicazioni simili già esistenti in commercio;
- motivi dell'utilizzazione di un materiale specifico;
- problemi di progettazione (risolti);
- relazione del collaudo;
- eventuale ricerca sull'evoluzione tecnica dell'oggetto progettato.

Altri spunti scaturiranno nel corso dell'esperienza: Si può indicare a tale proposito una strada facile da percorrere: nel quaderno i ragazzi potranno annotare, di volta in volta, le proprie personali impressioni e osservazioni in maniera che alla fine la relazione possa diventare veramente il *racconto progettuale e di processo* di una esperienza vissuta.

*Rappresentazione grafica dell'oggetto**Fig. 1**Fig. 2**Fig. 3*



# Parte II

## Aspetti operativi e strutturali

---

### UN POSSIBILE SCHEMA PER L'INSEGNAMENTO DELLA CULTURA TECNOLOGICA NELLA SCUOLA

*Anna Ciampolini\*, Giovanni Paolo Serra\*\**

---

*\*Professore ordinario - DEIS, Università degli Studi di Bologna;*

*\*\* Professore ordinario - DIE, Università degli Studi di Bologna*

In questo breve contributo intendiamo presentare alcuni risultati ottenuti nell'ambito dell'attività del gruppo di lavoro costituito su iniziativa dell'USR Emilia-Romagna sull'insegnamento della tecnologia in tutti gli ordini di scuola.

*Cos'è la tecnologia?* Il gruppo di lavoro ha discusso a lungo su questo tema, tenendo conto che il significato di questo termine ha subito un'evoluzione negli ultimi decenni, anche in conseguenza al rapido progresso ed all'enorme diffusione delle 'nuove' tecnologie informatiche, elettroniche e delle telecomunicazioni. La discussione ha portato a ripercorrere le fasi dell'evoluzione tecnica e scientifica dell'uomo fino ai giorni nostri, al fine di valutare l'importanza che deve assumere la cultura tecnologica nella formazione dell'individuo di oggi. Inoltre, sono stati proposti e discussi modelli di rappresentazione dell'azione tecnologica al fine di ricavare indicazioni utili per la stesura dei piani di formazione nei vari gradi dell'istruzione.

Nel seguito, saranno dapprima esposte alcune considerazioni sull'evoluzione tecnico-scientifica nel corso della storia. Sarà poi presentato uno schema di riferimento per la rappresentazione delle attività connesse all'azione tecnologica. Tale schema permetterà di individuare le principali tematiche, generali e specifiche, che possono costituire le basi per l'insegnamento della cultura tecnologica fin dai primi gradi dell'apprendimento. Sono anche riportati esempi applicativi dello schema in contesti tecnologici di tipo innovativo e di tipo tradizionale.

## Dagli Strumenti alla Tecnologia

Un pensiero di Antonio Lepschy, professore emerito di Controlli Automatici dell'Università di Padova, recentemente scomparso, fornisce un fondamentale contributo alla riflessione sul rapporto Uomo-Tecnologia: *“L'evoluzione che ha portato l'uomo a divenire ‘padrone del mondo’ non si è manifestata, come per la maggior parte delle altre specie viventi, con un perfezionamento, attraverso la selezione, delle sue risorse naturali ma con l'aiuto di strumenti tipicamente ‘artificiali’”*.

La complessità e l'efficacia degli strumenti realizzati dall'uomo è andata progredendo di pari passo con l'evoluzione dell'umanità, tanto da essere utilizzata per rappresentare i periodi evolutivi, soprattutto preistorici. In epoca 'storica' è già possibile documentare non solo le tecniche usate (bronzo, ferro) ma anche agli strumenti messi a punto; arnesi per la pesca, la caccia, l'agricoltura, la produzione di vasi e tessuti, l'invenzione dell'aratro, della ruota, della navigazione a vela ecc.

Lo storico della Tecnica Sam Lilley ha proposto una catalogazione, con datazione documentata o presunta, delle principali invenzioni realizzate nel corso della storia<sup>1</sup>. Egli ha anche attribuito ad ogni invenzione un valore che ne quantifica l'importanza. È interessante osservare la progressione del 'valore complessivo' delle invenzioni realizzate nel corso dei secoli, riportata in fig. 1. È noto, ed evidente dal grafico, come la rivoluzione scientifica del '600 abbia contribuito notevolmente all'aumento delle conoscenze scientifiche, consentendo ed inducendo una rapida crescita in termini quantitativi e qualitativi dei risultati pratici che potevano essere ottenuti grazie all'elaborazione e ad un appropriato impiego delle crescenti conoscenze scientifiche e tecniche.

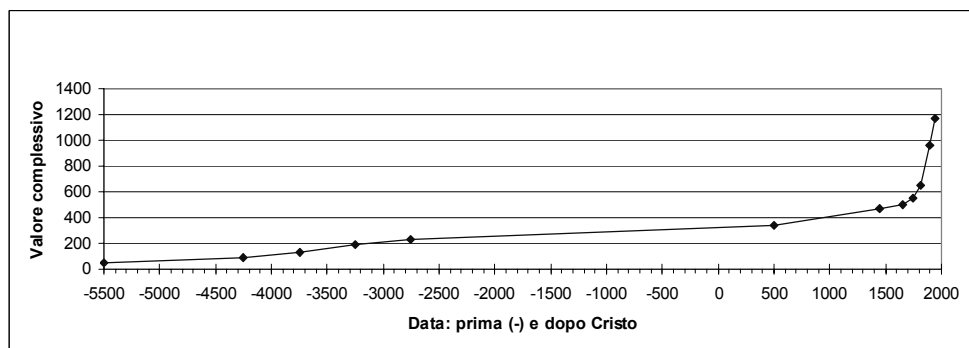


Fig. 1 - Progressione nel tempo del 'valore complessivo' delle invenzioni, calcolato secondo il punteggio attribuito da Sam Lilley

Nel XVIII e XIX secolo la scoperta del vapore e lo studio e le applicazioni dei fenomeni elettrici segnano l'avvento della cosiddetta rivoluzione industriale, ma anche l'avvento dei più significativi contributi al cambiamento della vita dell'uomo. Le nuove

<sup>1</sup> Sam Lilley, *Storia della Tecnica*, Einaudi, 1951.

macchine a vapore producono grandi quantità di lavoro, sostituendosi in tale funzione all'uomo, agli animali e ad altre fonti energetiche tradizionali (acqua e vento). Subito si sviluppano le ferrovie ed i trasporti marittimi a vapore, che riducono drasticamente i tempi richiesti per lo spostamento delle merci, delle persone e quindi anche delle idee. I generatori elettrici forniscono l'energia alle nuove fabbriche ed alle case. I tradizionali collegamenti postali vengono rivoluzionati dai sistemi telegrafici che permettono la comunicazione in tempo reale a grande distanza. Gli impianti frigoriferi modificano radicalmente i consolidati metodi di conservazione degli alimenti. Le tecniche microbiologiche soppiantano antiche convinzioni ed isolano le cause di antichissimi flagelli.

Il XIX e XX secolo, anche grazie allo stimolo economico dell'emergente industria, vedono l'affermarsi e il diffondersi di un modo di operare basato sull'attività sistematica di analisi e sintesi dei procedimenti che permettono di mettere a frutto le conoscenze scientifiche acquisite dai singoli e dalla comunità, in particolari campi della tecnica, rendendo così possibile la realizzazione di nuovi prodotti in forma di oggetti o servizi. Già nel 1821 Aquilino Bonavilla<sup>1</sup> documenta l'uso affermato del termine *Tecnologia*, letteralmente 'Trattato sulle arti'. Negli anni successivi il significato del termine diviene quello di 'Studio della tecnica e delle sue applicazioni'. L'Enciclopedia Treccani del 1932 definisce la Tecnologia come 'Studio dei procedimenti per la trasformazione di una data materia prima in prodotto industriale'. Tale definizione è ancor oggi applicabile, ma solo nel significato che assume nelle espressioni 'tecnologie generali', 'tecnologie meccaniche', 'tecnologie chimiche' ecc.

Nel XX secolo, con le fondamentali scoperte sulla relatività e l'energia atomica, con lo sviluppo dell'elettronica e dell'informatica, si è assistito ad una vastissima diffusione del termine Tecnologia che compare oramai in tutti gli ambiti dell'attività umana. In tempi recenti esso è stato più ampiamente impiegato nel significato che ricalca il vocabolo inglese *Technology* e che appare nel nome di una significativa istituzione come il *Massachusetts Institute of Technology*. Infatti, la più recente versione del vocabolario *Treccani* recepisce la moderna complessità del termine e descrive la Tecnologia come: "*Vasto settore di ricerca..., composto da diverse discipline..., che ha come oggetto l'applicazione e l'uso degli strumenti tecnici in senso lato, ossia di tutto ciò (ivi comprese le conoscenze matematiche, informatiche, scientifiche) che può essere applicato alla soluzione di problemi pratici, all'ottimizzazione delle procedure, alla presa di decisioni, alla scelta di strategie finalizzate a determinati obiettivi. Spesso il termine è adoperato impropriamente come sinonimo di tecnica... mentre esso si riferisce piuttosto all'utilizzazione ottimale, anche e soprattutto da un punto di vista economico, dell'insieme di tecniche e procedimenti diversi impiegati in un dato settore, e delle conoscenze tecnico-scientifiche più avanzate... e, più in generale, a un insieme di elaborazioni teoriche e sistematiche, applicabili globalmente alla pianificazione e alla razionalizzazione dell'intervento produttivo; in questo senso, anche con uso assoluto, senza ulteriori determinazioni...*".

---

<sup>1</sup> A. Bonavilla, *Dizionario etimologico di tutti i vocaboli usati nelle scienze, arti e mestieri che traggono origine dal greco*, 1821.

Non solo le attività produttive, ma anche i rapporti sociali e le relazioni internazionali sono oggi profondamente influenzati dalla disponibilità dei prodotti ottenuti mediante l'azione tecnologica (*prodotti tecnologici*), ed ancor più dall'aspettativa delle nuove risorse e delle opportunità che la tecnologia è in grado di generare. Non deve però essere dimenticato che è proprio “*grazie al voler concentrare gli sforzi in un punto e ignorare tutto il resto che l'azione tecnologica si rivela così straordinariamente efficace ogni volta che viene intrapresa*” (Bauman).

### Uno schema per la rappresentazione dell'azione tecnologica

Le precedenti considerazioni evidenziano l'importanza di un'adeguata e generale educazione alla cultura tecnologica. Il percorso formativo scolastico dovrebbe prevedere, fin dai primi anni, anche la conoscenza e poi l'apprendimento delle tematiche connesse all'*azione tecnologica*. Queste possono essere sintetizzate nello schema generale riportato in fig. 2. Tale schema rappresenta l'azione tecnologica come l'attività che:

- considera la disponibilità e consistenza delle *risorse* (materiali, informazioni, energia);
- si avvale dell'insieme organizzato delle *conoscenze* scientifiche e tecniche;
- nel rispetto dei *vincoli* imposti;
- individua i *metodi* più opportuni e gli *strumenti* adeguati;
- elabora e definisce le caratteristiche del *processo* (successione di attività materiali e/o concettuali) mediante il quale è possibile utilizzare le risorse;
- genera il *prodotto* che costituisce lo scopo dell'azione tecnologica, mediante le attività effettuate nel processo;
- valuta e controlla gli effetti imputabili alla generazione dei *prodotti indesiderati* del processo (effetti secondari del processo, effetti collaterali).

Osservando lo schema di fig. 2 si possono distinguere due ‘flussi’ principali.

Quello verticale rappresenta l'azione produttiva, cioè il processo produttivo vero e proprio che permette la trasformazione delle risorse nel prodotto desiderato e che determina altresì gli effetti indesiderati, connessi allo svolgimento del processo.

Quello orizzontale rappresenta invece l'attività svolta durante la fase di definizione del processo. Tale attività si avvale delle conoscenze di natura scientifica ed applicativa (tecnica) disponibili e, nel rispetto di eventuali vincoli imposti, sceglie i metodi più opportuni, ne elabora di nuovi ed individua gli strumenti da impiegarsi all'interno processo.

È interessante osservare che i due flussi rappresentano due diverse visioni della Tecnologia: quella di chi progetta i processi tecnologici (il *Tecnologo*), la cui attività è modellata dal flusso orizzontale; quella di chi la mette in atto (il *Tecnico*) seguendo il flusso verticale.

La rappresentazione schematica adottata in fig. 2 è idonea a descrivere sia l'attività di trasformazione di materie prime o semilavorati in oggetti concreti, utilizzando importanti quantità di energia, sia l'attività svolta nei processi di elaborazione delle informazioni nei quali l'energia ha un ruolo secondario e tanto le risorse quanto il prodotto sono costituiti da informazioni.



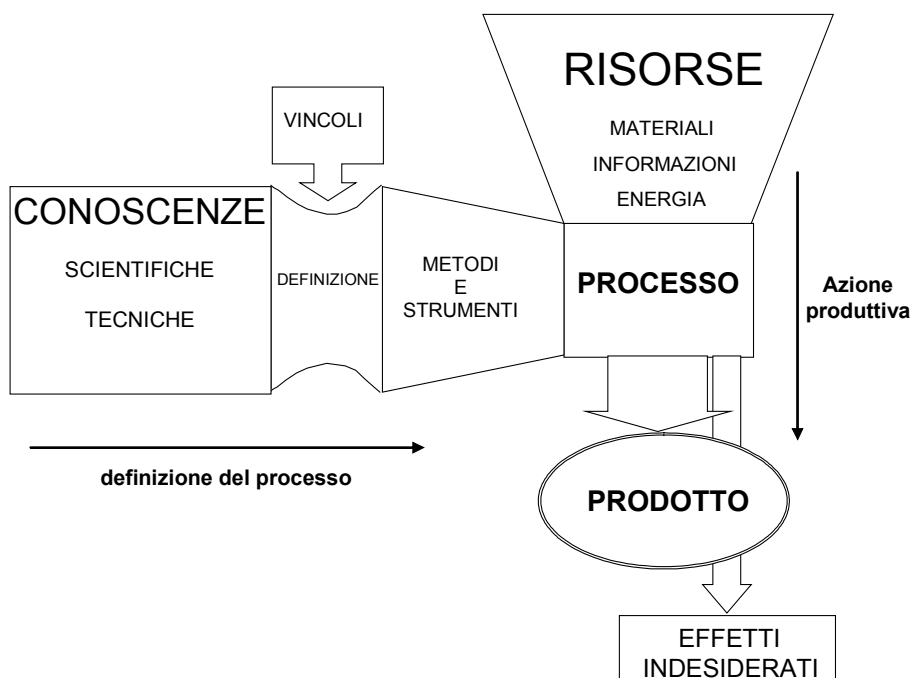


Fig. 2 - Rappresentazione schematica dell'azione tecnologica

Per maggior chiarezza, nel seguito si riporta una sintetica descrizione dei contenuti dello schema di fig. 2.

### Azione produttiva (flusso verticale)

L'azione tecnologica ha lo scopo di consentire la produzione di un bene o servizio. Essa richiede pertanto: la disponibilità di risorse consumabili, la successione organizzata di attività di elaborazione e trasformazione, la verifica della congruenza del prodotto indesiderato.

#### Risorse

Affinché un processo possa essere effettivamente eseguito, è necessario che esso venga *alimentato* con ciò che deve essere trasformato: le *Risorse*. Da un punto di vista generale le Risorse possono essere classificate in tre categorie: i materiali, le informazioni e l'energia.

*Materiali.* Nei processi per la produzione di oggetti o servizi le risorse sono costituite da ciò che è disponibile in natura (minerali, legname, combustibili fossili) per i processi di produzione dei prodotti di base ovvero, più in generale, dai prodotti risultanti da altri processi tecnologici (semilavorati o anche prodotti finiti).

*Informazioni.* Nei processi per l'elaborazione delle informazioni, le *risorse* da trasformare sono informazioni, cioè entità astratte che possono, a seconda dei casi, rappresentare dati numerici, testi, regole, immagini, suoni e molto altro ancora.

*Energia.* È coinvolta in tutti i processi di trasformazione della materia. Nella maggior parte dei casi è introdotta sotto forma di lavoro o calore. In alcuni casi, tuttavia, potrebbe essere liberata nelle reazioni chimiche che avvengono nel processo; in tali situazioni può divenirne problematico lo smaltimento. Nelle tecnologie dell'informazione la componente energetica delle risorse è generalmente modesta. È tuttavia da notare come tale risorsa sia comunque necessaria per qualunque azione produttiva.

È importante osservare che Materiali, Informazioni ed Energia devono essere forniti *ex-novo* ad ogni esecuzione del processo, poiché essi verranno *consumati* dal processo stesso per ottenere il prodotto desiderato.

#### *Processo*

È costituito dall'insieme delle attività che vengono svolte nelle strutture predisposte, con le modalità appositamente definite e con gli strumenti resi disponibili. Nel processo si svolgono le fasi di utilizzazione e trasformazione ed elaborazione delle risorse materiali, delle informazioni e dell'energia che conducono alla generazione sia del prodotto desiderato e sia degli effetti indesiderati.

#### *Prodotto*

Costituisce il motivo d'essere dell'azione tecnologica messa in atto. Esso viene in genere individuato dalla necessità di soddisfare una particolare esigenza. Le caratteristiche finali del prodotto, ancorché predefinite al momento dell'ideazione del processo, sono sensibilmente dipendenti dalle risorse utilizzate e dai metodi e strumenti impiegati nel processo. Generalmente il prodotto risulta totalmente definito dai dati di specifica del prodotto stesso.

#### *Effetti indesiderati*

Le attività svolte all'interno del processo hanno lo scopo primario di portare alla realizzazione del prodotto desiderato. Come si è detto in precedenza, ciò costituisce una caratteristica che rende l'azione tecnologica 'così straordinariamente efficace ogni volta che viene intrapresa'. Tuttavia, le attività che costituiscono il processo generano anche altri prodotti, diversi da quello desiderato. Essi consistono nei residui della trasformazione delle risorse che non vanno a costituire il prodotto desiderato. I materiali di risulta e gli scarti di lavorazione sono tipici prodotti indesiderati che possono risultare inquinanti per l'ambiente locale o globale. Non bisogna inoltre dimenticare che la maggior parte dei processi tecnologici utilizza rilevanti quantità di risorse fondamentali quali l'acqua, l'aria (comburente) e l'energia. Il prodotto indesiderato è allora costituito da acqua inquinata, ossidi di carbonio e calore che vengono rilasciati nell'atmosfera. Questi e comunque tutti gli effetti indesiderati devono essere sempre attentamente valutati durante la fase di definizione del processo, ivi compresi quelli di impatto socio-economico.

### **Azione di definizione del processo (flusso orizzontale)**

Il percorso che porta alla definizione delle caratteristiche di un processo di produzione costituisce esso stesso un processo tecnologico. I contenuti innovativi e l'efficacia del processo produttivo sono principalmente dipendenti dalle conoscenze scientifiche e tecniche di chi ne esegue la definizione e dai vincoli imposti da fattori contingenti quali la disponibilità di risorse strumentali o finanziarie, il contenimento dei consumi energetici, l'inquinamento prodotto ecc.

#### *Conoscenze*

Come si è detto in precedenza l'esigenza di un prodotto costituisce la motivazione, ma è la conoscenza che permette la definizione dell'azione tecnologica.

*Conoscenze scientifiche.* Nel passato, la scarsa conoscenza dei fenomeni fisici connessi al problema da risolvere ha determinato spesso un approccio sostanzialmente empirico, di tipo *trial and error*, nell'introduzione delle innovazioni tecniche. L'odierna ampia disponibilità dei risultati già conseguiti e continuamente prodotti dalla comunità scientifica internazionale consente invece in molti casi un approccio deterministico; inoltre, aumenta sensibilmente la probabilità di successo nell'approccio tradizionale. Si noti che il teorema di Carnot fu formulato anni dopo l'invenzione delle macchine termiche. Il forno a microonde, invece, è stato realizzato utilizzando la teoria del campo elettromagnetico formulata da Maxwell molti anni prima.

*Conoscenze tecniche.* Molte innovazioni tecnologiche sono basate sull'impiego di altri prodotti, già disponibili, ma opportunamente rielaborati, integrati ed utilizzati. Le moderne tecnologie informatiche e gli accordi internazionali sulla protezione della proprietà intellettuale (brevetti) favoriscono la rapida diffusione delle informazioni sui nuovi prodotti.

In tal modo si agevola la definizione di nuovi processi tecnologici, determinando quindi il tipico andamento esponenziale dell'innovazione tecnologica moderna.

#### *Vincoli*

La definizione del processo che impiega le risorse disponibili per ottenere il prodotto desiderato deve in genere sottostare a vincoli imposti da vari fattori. La disponibilità pregressa di particolari strumenti, la limitatezza delle risorse economiche utilizzabili, il contenimento degli effetti indesiderati ecc, sono esempi di vincoli che possono intervenire nella fase di definizione del processo.

#### *Metodi e strumenti*

Nella fase produttiva, l'azione tecnologica applica i metodi operativi, propri di un determinato processo, che sono stati definiti. L'efficacia dei metodi operativi dipende fortemente dalla disponibilità e dall'impiego degli strumenti specificatamente previsti per lo svolgimento delle operazioni costituenti il processo.

### Alcuni esempi

Si riportano di seguito alcuni esempi di azioni tecnologiche finalizzate all'ottenimento di diverse tipologie di prodotto.

#### *Tecnologie dell'informazione*

Il settore delle tecnologie dell'informazione è vastissimo e comprende al suo interno ogni procedimento volto al trattamento delle informazioni sia a livello hardware che software.

Come già detto in precedenza, lo schema di fig. 2 è sufficientemente generale per consentire la descrizione di azioni tecnologiche anche nel settore dell'informazione. In questo caso specifico, lo schema si specializza considerando come *Risorse* principalmente le informazioni e, anche se con un ruolo secondario, l'energia. Il processo è tipicamente rappresentato da un insieme di attività che avvengono all'interno dell'elaboratore elettronico (o, più in generale, all'interno di dispositivi digitali). Infine, anche processi tecnologici informatici possono produrre effetti indesiderati, non materiali (come accade spesso nel caso di processi di produzione industriale) ma pur sempre non richiesti, e che comunque possono avere un'influenza deleteria sull'ambiente circostante.

Ad esempio, l'esecuzione di un programma oneroso da un punto di vista computazionale può provocare il deterioramento delle prestazioni del computer utilizzato, impedendone di fatto l'utilizzo contemporaneo per altri scopi. Analogamente, un sistema che prevede la trasmissione di informazioni sulla rete, potrebbe provocare come effetto indesiderato un traffico eccessivo, degradando quindi le prestazioni della rete stessa.

#### **Esempio 1 - Uso di programmi per la risoluzione automatica di problemi**

Il diagramma di fig. 3, mostra l'azione tecnologica relativa alla produzione della radice quadrata di un numero reale mediante l'impiego di un semplice programma (indicato con il nome *SQRT*) che esegua automaticamente il calcolo.

#### *Risorse*

*Informazioni.* Gli oggetti della trasformazione sono i dati della particolare istanza del problema, cioè il particolare valore reale del quale calcolare la radice quadrata.

*Energia.* Il processo è alimentato dall'energia elettrica necessaria per il funzionamento del computer.

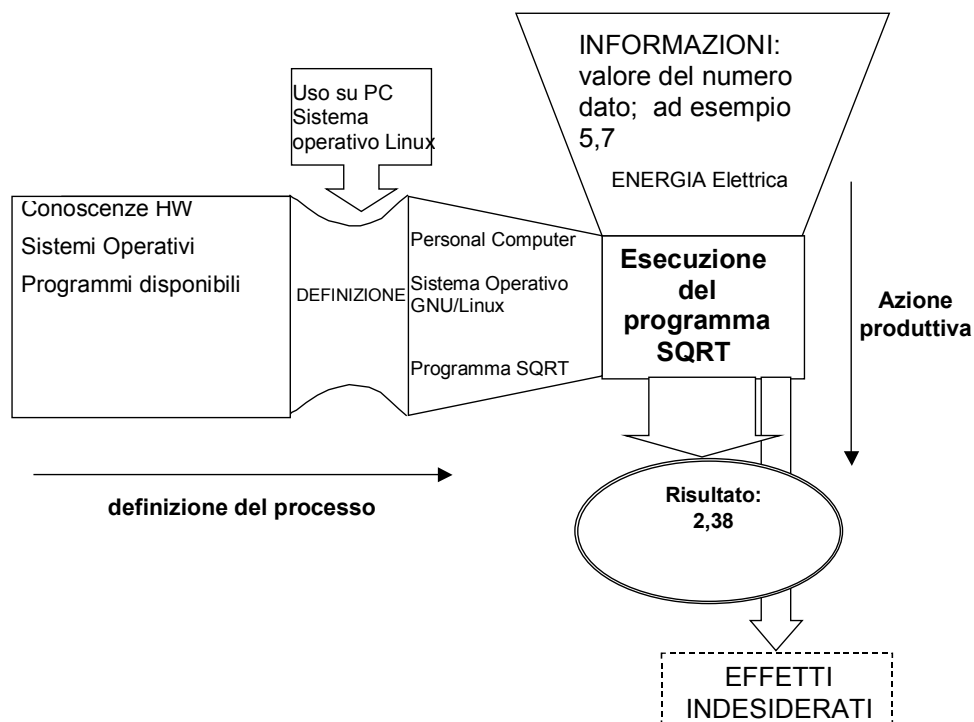


Fig. 3 - Calcolo automatico della radice quadrata di un numero

#### Processo

L'attività che produce il risultato del processo consiste nell'esecuzione del programma SQRT.

#### Prodotto

Il prodotto sarà costituito dal valore della radice quadrata dell'informazione (il numero) fornito al processo.

#### Effetti indesiderati

Il processo considerato non produce significativi effetti indesiderati.

#### Conoscenze

Le conoscenze tecniche sulle architetture degli elaboratori elettronici consentono di selezionare il tipo di calcolatore più conveniente per l'azione tecnologica da definire, tenendo conto anche dei vincoli dati. Analogamente, la conoscenza dei sistemi operativi e dei vari programmi disponibili per lo scopo forniscono un ventaglio di scelte all'interno del quale il tecnologo sceglie quella più opportuna.

*Vincoli.* I vincoli implicano restrizioni sulla scelta degli strumenti e dei metodi possibili. Nello specifico caso mostrato in fig. 3, si può richiedere l'uso di un particolare tipo di computer (ad esempio un personal computer) e di un particolare sistema operativo (per esempio un sistema della famiglia Linux).

*Metodi e strumenti.* Gli strumenti sfruttati dal processo sono l'hardware (il computer) ed il software (il sistema operativo e il programma SQR1) necessari per attuare il processo.

#### *Tecnologie per la produzione di oggetti concreti*

L'esempio 1 ha dimostrato la validità dello schema di fig. 2 nell'ambito particolare delle tecnologie dell'Informazione, tipicamente caratterizzate, come si è detto, dall'impiego di risorse astratte: le informazioni. Nel seguito sarà invece proposto un ultimo esempio di utilizzo dello schema di fig. 2, riferito al caso di una tecnologia che sfrutta risorse concrete (lavorati /semilavorati) per la produzione di viti in acciaio.

### **Esempio 2 - Produzione di viti in acciaio di diversa forma, diametro e filettatura**

In questo caso l'azione tecnologica ha lo scopo di rendere possibile la produzione flessibile di viti che potranno avere caratteristiche diverse per forma costruttiva, diametro della vite e passo di filettatura (fig. 4).

#### *Risorse*

*Materiali.* Disponibilità di barre di acciaio di diverso diametro, prodotto di processi tecnologici svolti nelle acciaierie.

*Energia.* Energia termica per la predisposizione delle barre alla lavorazione (forgiatura). Energia elettrica per l'alimentazione dei motori impiegati nelle macchine per l'asportazione del truciolo (torni).

#### *Processo*

Trasformazione delle barre in pezzi di piccole dimensioni e con forma particolare. Lavorazione al tornio di tali pezzi per ottenere le viti finite.

#### *Prodotto*

Il prodotto sarà costituito dalla produzione continua di viti di forma e caratteristiche prefissate, facilmente modificabili.

#### *Effetti indesiderati*

Nel processo considerato oltre alle viti (prodotto desiderato) verranno prodotti anche i trucioli nelle lavorazioni al tornio, gli scarti delle barre non utilizzati, e verrà infine rilasciato nell'ambiente il calore risultante dalle operazioni di riscaldamento delle barre (che poi si raffreddano) e dalla differenza fra l'energia elettrica assorbita dai motori e l'energia meccanica strettamente necessaria per l'asportazione dei trucioli; in pra-

tica, gran parte dell'energia introdotta nel processo verrà trasformata in calore che andrà quindi a riscaldare l'atmosfera.

Gli effetti sopra citati sono quelli evidenti e di carattere prettamente 'fisico'. Tuttavia, azioni del tipo descritto nell'esempio, producono anche conseguenze di tipo occupazionale ed economico e quindi di carattere sociale.

### *Conoscenze*

*Conoscenze scientifiche.* Le conoscenze scientifiche sulle proprietà dei materiali permettono di definire i cicli termici più adatti per la predisposizione del semilavorato ed anche alcune delle caratteristiche degli strumenti necessari per le lavorazioni successive. Le conoscenze scientifiche permettono anche di calcolare i dettagli geometrici delle lavorazioni (vite, madrevite).

*Conoscenze tecniche.* Nel caso in esame è richiesta la conoscenza delle specifiche definite a livello internazionale sulle caratteristiche delle viti in termini di dimensioni e di filettatura, contenute nelle Norme applicabili al prodotto. La definizione dei metodi è invece fortemente dipendente dalla disponibilità di informazioni sullo stato dell'arte delle macchine automatiche per la realizzazione delle filettature e sui prodotti per l'automazione dei processi di produzione.

### *Vincoli*

Un interessante vincolo potrebbe essere quello di ottenere un prefissato e basso costo energetico per unità di prodotto realizzato. Oppure una grande flessibilità di adeguamento alle variabili esigenze della produzione. Uno dei vincoli certamente più diffusi è quello di ottenere un prodotto di caratteristiche note e ripetitive (intercambiabilità) con un costo di produzione competitivo.

### *Metodi e strumenti*

I metodi impiegati saranno costituiti dalla successione delle operazioni di tranciatura delle barre e dei processi termici ottimali per la predisposizione delle viti grezze, più adatte alle successive lavorazioni. In seguito si avranno linee di lavorazione con macchine automatiche a Controllo Numerico (CN), flessibili e facilmente gestibili in un processo automatizzato, per poter lavorare diametri diversi con diverse filettature, in funzione delle variabili esigenze del mercato.

## **Conclusioni**

La straordinario progresso che ha caratterizzato la specie umana nel corso della sua storia è stato determinato dalla capacità dell'Uomo di adattarsi alle ostilità ambientali mediante la realizzazione di strumenti, dispositivi e sistemi sempre più complessi. Questa capacità, oggi altamente sofisticata, è rappresentata da ciò che chiamiamo tecnologia.

La tecnologia è oggi in grado di condizionare anche i rapporti sociali fra gli individui e le relazioni planetarie fra le popolazioni, globalizzando saperi, modelli, bisogni e

soluzioni. Appare quindi di primaria importanza l'educazione alla cultura tecnologica di ogni cittadino, sia per renderlo cosciente delle potenzialità dei sistemi tecnologici che lo circondano, sia per formarlo ad una partecipazione attiva e consapevole nello sviluppo della tecnologia stessa. Questo perché non si concretizzi il diffuso timore, emblematicamente espresso da Galimberti, secondo il quale “... se nel mondo pre-tecnologico la tecnica era impiegata come strumento per la soddisfazione dei bisogni umani, nel mondo tecnologico è la tecnica a impiegare l'uomo per le sue esigenze di funzionalità”.

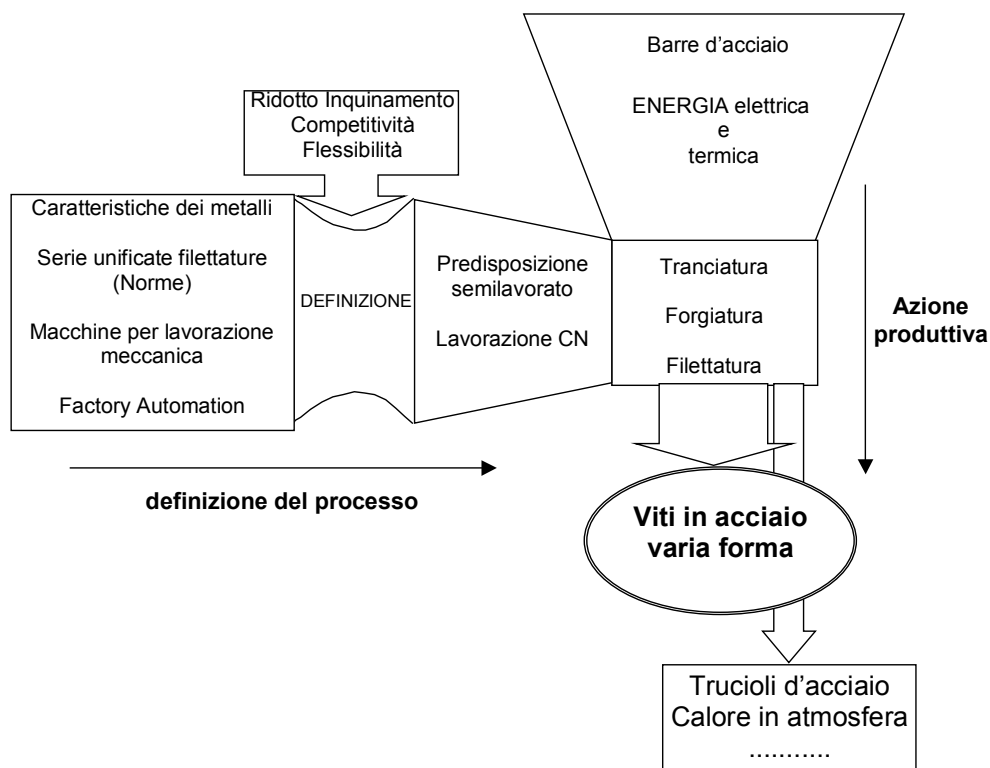


Fig. 4 – Esempio di azione tecnologica volta alla produzione flessibile di viti in acciaio

Lo schema generale proposto in questo contributo costituisce un utile elemento di riflessione per la definizione del percorso formativo relativo alla Tecnologia in ogni grado dell'istruzione, evidenziandone le tematiche principali. I casi applicativi proposti come esempi di uso mostrano inoltre la generalità dello schema, che ben si presta a rappresentare sia le tecnologie tradizionali che le nuove tecnologie dell'informazione.



---

## PROCESSO DI APPRENDIMENTO E APPRENDIMENTI SIGNIFICATIVI

Giuseppe Bazzacchi\*

---

\*Docente di Tecnologia - Scuola secondaria di primo grado, I.C. n. 3, Bologna

Questo mio breve intervento è dettato dalla necessità di contribuire a chiarire gli aspetti fondamentali dei processi di apprendimento che portano ad un 'apprendimento significativo'. In particolare del ruolo dell'operatività e dei linguaggi non verbali nella costruzione delle conoscenze di base e dei 'contenuti irrinunciabili' nella formazione di un cittadino consapevole. Più in particolare mi occuperò delle logiche operative e degli aspetti trasversali di queste nel rapporto apprendimento-insegnamento. Ma soprattutto cercherò di supportare questo ragionamento con alcuni esempi di didattica operativa.

Nessuno può ignorare il fatto che la nostra mente lavora per concetti e che le relazioni che questi instaurano tra loro sono le mappe che determinano le strutture che il nostro pensiero percorre in modo più o meno consapevole. Questa relazione tra concetti pensiero e linguaggio è stata studiata e dimostrata da Vygotskij: *"Ciò che è più essenziale nel concetto - il suo rapporto con la realtà - non è studiato"* dice Vygotskij nel suo celebre *'Pensiero e Linguaggio'*. Ecco dunque il centro del nostro ragionamento; se i concetti sono, dunque, la base del *pensare*, e se questi hanno un rapporto stretto con la realtà, la logica conseguenza è che un apprendimento significativo si sviluppa solo, come dice Bruner, nel: 'fare significato', nel costruire cioè significati sempre più generali da un lato e sempre più specifici dall'altro partendo però dall'esperienza (il fare). I concetti dunque sono 'oggetti' mentali che provengono da percezioni sensorie e da elaborazioni di queste; le elaborazioni dei concetti rappresentano l'oggetto del nostro ragionamento non in astratto, ma nella concretezza della didattica. *Solo chi possiede già un concetto di qualcosa può utilizzarlo per comprendere questo qualcosa*; la contraddizione di questa frase è solo apparente. Lo psicologo americano Kelly quando parla di *costrutti personali* in realtà mette in evidenza due aspetti dei concetti: il primo che i concetti si costruiscono in modo individuale, il secondo che più i concetti sono generali più hanno la necessità di essere duttili e permeabili, cioè sensibili alle novità che di volta in volta l'esperienza ci propone. Altrettanto interessante è il ragionamento svolto dalla psicologa A. Karmiloff-Smith che propone un modello dei processi di apprendimento in quattro fasi (ridescrizione rappresentazionale): nella prima fase, i concetti appaiono impliciti, quindi presenti ma non in modo consapevole, mentre nelle altre tre fasi essi sono espliciti e la consapevolezza si concretizza mediante una successione di ridescrizioni (traduzioni in formati sempre diversi dello stesso concetto), fino ad arrivare alla fase E3, nella quale è l'uso del linguaggio verbale a concretizzare l'avvenuto processo di esplicitazione.

Fatta questa premessa si può quindi pensare che gli oggetti mentali che noi chiamiamo *concetti*:

- 1) non sono unidimensionali;
- 2) non sono esplicitabili solo con il linguaggio verbale condiviso;
- 3) non sono condivisibili da tutti allo stesso modo.

Le varie forme di linguaggio, in particolare quelli non verbali, mettono in risalto aspetti e relazioni diverse che i concetti assumono nella rete concettuale che si costruisce nella mente. A questo proposito sarebbe più utile pensare a *nuclei concettuali* nei quali almeno tre aspetti devono convivere: quello vero e proprio del concetto che è possibile far risalire ad una progressiva generalizzazione di esperienze sensoriali; il secondo aspetto è l'immagine che noi conserviamo mentalmente di tale generalizzazione e che ci consente di dare un significato al concetto stesso; il terzo aspetto è quello verbale (la parola), per meglio dire l'aspetto linguistico del concetto, cioè l'aspetto che è necessario attivare quando nasce l'esigenza di comunicare utilizzando il significato che il concetto possiede. Questa rappresentazione di 'concetto', in quanto 'nuclei concettuali', ci consente di cogliere meglio le diverse sfumature che il termine concetto assume nei diversi contesti.

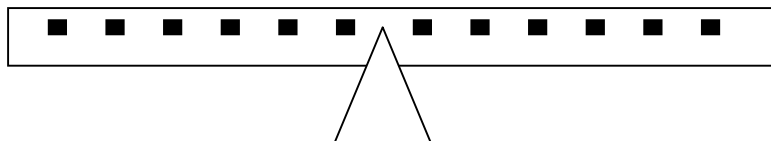
Detto ciò, è ora possibile arrivare ad affermare che un processo di costruzione delle conoscenze non può prescindere da alcune fasi essenziali e che tali fasi si ripetono in forma ricorsiva. Le fasi sono sostanzialmente quattro: *osservare; operare; comprendere; comunicare*, queste fasi si possono considerare nei formati impliciti o espliciti (come direbbe la Karmilof-Smith) secondo del livello logico in cui si trova il concetto che stiamo prendendo in esame (come direbbe Kelly), ma soprattutto in riferimento allo sviluppo mentale generale dell'individuo.

Se il processo di costruzione delle conoscenze si sviluppa in questi quattro momenti, l'area nella quale essi agiscono è quella definita da Vigotskij: *area prossimale di sviluppo*; questa idea di area prossimale di sviluppo è strettamente legata ad un'altra idea di Vigotskij, quella di *strumento psicologico*, egli però intende per strumento psicologico fondamentalmente il linguaggio. È certamente possibile affermare, allora, che anche le forme di linguaggio non verbale si possono interpretare come strumenti psicologici, con funzioni specifiche.

### Esempio operativo

Cercherò, ora, di esemplificare l'ipotesi epistemologica metodologica sopra riportata con il racconto di un'esperienza didattica significativa. L'attività si svolge in una seconda media, primo quadrimestre, l'argomento è: 'Le macchine semplici e le leve di primo genere', e l'*obiettivo* la costruzione del concetto di condizione di equilibrio di una leva. Si fornisce ai ragazzi un modellino molto semplice di leva che ognuno in classe costruisce (vedi scheda 1 alla fine di questo contributo) con colla, forbici e cartoncino. In questa prima fase di costruzione dello strumento non viene fornita nessuna spiegazione sullo scopo e sull'obiettivo da raggiungere, viene chiesto solo di operare in modo molto preciso nella fase di costruzione della leva. Alla fine della costruzione ognuno avrà a disposizione una sorta di bilancia costituita da un'asta (in cartoncino) su cui

avranno fatto 12 buchi equidistanti nei quali potranno appendere delle graffette, che fungeranno da pesi<sup>1</sup>.



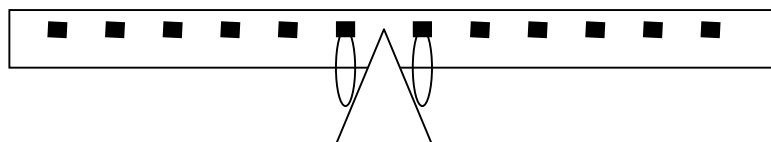
A questo punto i ragazzi numereranno i fori partendo dal centro, cioè dal fulcro, da uno a sei a destra e da uno a sei a sinistra dell'appoggio.

L'attività svolta fino a questo punto ha costretto i ragazzi a seguire una procedura prestabilita, ma *non significativa*, in quanto i concetti e le procedure attuate non hanno cambiato la rete concettuale preesistente.

Si fornisce ora ai ragazzi una tabella da compilare (tab. 1) nella quale si propone di eseguire una serie di esperimenti con lo strumento da loro stessi costruito. Si premette però che esiste una regola da scoprire che determina l'equilibrio della leva e che questi esperimenti ci porteranno a determinare tale regola.

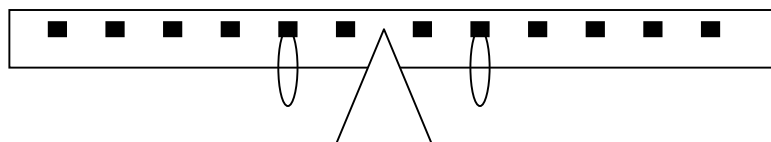
I primi cinque esperimenti serviranno come pura osservazione del 'fenomeno'.

Ponendo alla distanza 1 a destra una graffetta e alla distanza 1 a sinistra un'altra graffetta, ovviamente la bilancia rimane in equilibrio



Si ripete l'esperimento per la distanza 2 sempre con una graffetta per parte. Anche in questo caso sembra naturale a tutti i ragazzi che la bilancia resti in equilibrio.

Come si può notare nella tabella, per le prime cinque esperienze si richiede solo di rispondere se la bilancia è in equilibrio o no.



Nella quarta esperienza si chiede di infilare a sinistra 2 graffette alla distanza 4 e a destra 3 graffette alla stessa distanza. Anche in questo caso nessuna meraviglia: ciò che ci si aspetta avviene, la bilancia non è in equilibrio.

<sup>1</sup> L'idea del modello è stata presa dal testo di Educazione tecnica di Valerio Valeri, *Le strutture della tecnica*, Zanichelli, Bologna, 1980, mentre la scheda per la tabulazione dei dati è frutto della ricerca sul campo dello scrivente.

*L'effetto imprevisto*

La prima sorpresa avviene nell'eseguire la quinta esperienza. A sinistra, alla distanza 2 si infilano 4 graffette mentre a destra, alla distanza 4, si chiede di infilarne solo 2, la bilancia in modo imprevisto (per i ragazzi) resta in equilibrio. *Come si può notare la fase dell'osservazione e la fase dell'operatività si intrecciano costantemente ponendo problemi sempre nuovi alla rete concettuale dei ragazzi che non possedendo ancora né il concetto di proporzione né quello di condizione di equilibrio si muovono in modo intuitivo.*

*Sperimentare per scoprire la regola*

Nella seconda parte della tabella una delle quattro caselle (distanza o peso a destra o distanza o peso a sinistra) viene lasciata in bianco per fare in modo che il ragazzo provando trovi la soluzione di volta in volta. Ad esempio, si propone ai ragazzi di trovare a quale distanza la leva trova l'equilibrio se a sinistra si trovano 5 graffette nel terzo foro e disponendo di solo tre graffette da porre a destra. Alcuni tentano cercando la soluzione in modo casuale, alcuni sono più sistematici, molti si rendono conto che la prima cosa da escludere è quella di utilizzare la distanza 3, a quel punto però non si sa se si deve aumentare o diminuire la distanza, per tentativi si arriva infine a scoprire che la distanza giusta è 5.

Il terzo esperimento di questa seconda fase impone una difficoltà maggiore, a sinistra alla distanza 3 vi sono ben 8 graffette, mentre a destra sono solo 6 le graffette da utilizzare. Nessuno dei due numeri di sinistra è uguale a uno dei due numeri di destra; a questo punto i ragazzi si pongono il problema quale operazione va fatta con i dati in possesso?

Qualcuno intuitivamente, già a questo punto, parla di somma dei dati, cioè uguaglianza di due somme ( $8 + 3 = 6 + 5$ ) intuendo che la relazione di uguaglianza attiene al problema e che i dati in possesso vanno in qualche modo elaborati; la prova sperimentale nega però questa ipotesi e qualcuno già alla prova successiva intuisce che la soluzione è una moltiplicazione cioè l'eguaglianza di due prodotti quindi ( $8 * 3 = 6 * 4$ ) e non ( $8 + 3 = 6 + 4$ ). Le prove successive consentono a tutti di verificare l'ipotesi formulata da qualcuno e di generalizzare tale ipotesi.

Alla fine si chiederà ai ragazzi di riscrivere la soluzione, individualmente, anche se il ragionamento fino a quel momento è stato collettivo; il ruolo dell'insegnante è stato solo quello di regolare la discussione mettendo in risalto i piccoli passi in avanti nel ragionamento collettivo. In questo modo ognuno è costretto a rielaborare il ragionamento secondo la propria mappa concettuale e con i propri significati, utilizzando parole che spesso risulteranno improprie, ma che l'insegnante saprà valutare meglio perché durante il ragionamento collettivo svolto oralmente, molto probabilmente saranno state usate da qualcuno. Ecco dunque la ridescrizione rappresentazionale e la verbalizzazione, così importante per la valutazione degli apprendimenti.

**La compilazione della tabella**

Questa esperienza impone alcune riflessioni di carattere più generale, ad esempio: la relazione stretta tra *un processo di apprendimento significativo* ed un *momento operativo speci-*

co. Nel nostro caso i momenti operativi sono sostanzialmente due: il primo, quello relativo alla costruzione della piccola bilancia, che però, come abbiamo già detto, non modifica la rete concettuale di significati che ogni ragazzo possiede già; mentre il secondo momento operativo è relativo alla compilazione della tabella, dopo aver trovato la soluzione dei singoli esperimenti proposti dalla tabella stessa, attraverso tentativi ed errori. È questo secondo momento operativo che interessa sottolineare. Quando si parla di *operatività* si deve sempre chiarire che tale termine non va inteso nel senso di pura manualità, anche se la manualità fa parte dell'operatività, non è il maneggiare uno strumento in modo opportuno che ci consente di diventare consapevoli della funzione e dell'uso di tale strumento. Nel nostro caso gli strumenti sono due il primo è la bilancia, il secondo è la tabella da compilare, la relazione stretta tra questi due strumenti determina il processo, *che potremmo dire di ridescrizione successiva del fenomeno equilibrio di una leva*. Lo strumento, in senso vigotskiano del termine, è quindi *la tabella*, che il ragazzo deve compilare, e per fare ciò è costretto a scegliere una strategia per arrivare alla soluzione; in questo percorso *concetti, regole e principi* già posseduti si rimettono in discussione e lentamente si fa strada la soluzione. L'altro aspetto importante che Vigotskij prevede nei processi di apprendimento, che potremmo sintetizzare con il termine '*socializzazione del processo di apprendimento*', è chiaramente evidenziato nella discussione che i ragazzi svolgono prima e durante l'esecuzione dei singoli esperimenti. L'area prossimale di sviluppo (sempre Vigotskij) nella quale, solo una relazione educativa corretta, consente di sviluppare apprendimenti significativi cioè che variano la struttura cognitiva preesistente, si concretizza, in questo caso nell'uso di uno strumento psicologico potente come la tabella sopra proposta. *La fase della comprensione* è incorporata e fa da ponte tra *la fase operativa* e *la fase della ridescrizione verbale* e come previsto dalla Karmilof-Smith i ragazzi riescono a comprendere, nel momento in cui riescono a ridescrivere l'esperienza concreta in un linguaggio diverso e più astratto. La generalizzazione è il momento finale nel quale la formula ( $br * R = bp * P$ ) diventa solo una formalizzazione sintetica di un ragionamento concreto.

### Didattica laboratoriale

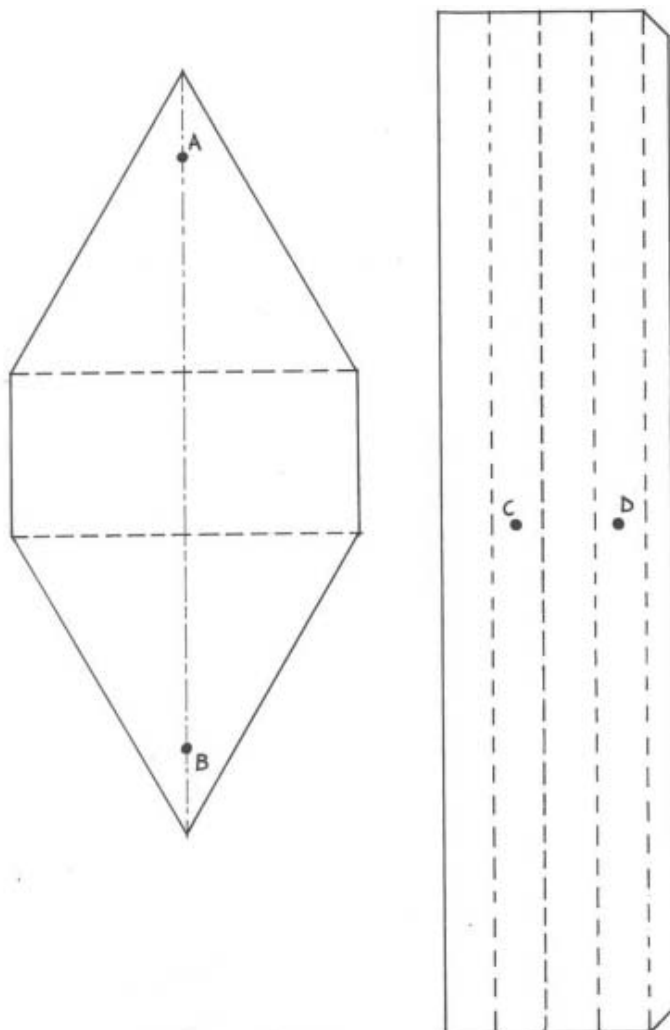
Un altro aspetto di questa esperienza, che va evidenziato, è la così detta *didattica laboratoriale*: come è del tutto evidente dalla descrizione sopra esposta, non è necessario avere un laboratorio per fare didattica laboratoriale, non è necessario neanche avere strumenti particolari (almeno in questo caso) per creare le condizioni affinché i ragazzi mettano in atto quelle strategie 'logico-operative' che in situazioni problematiche chiunque metterebbe in atto. Basta porsi in modo diverso il problema del processo di apprendimento: il laboratorio non è un luogo fisico, è un luogo mentale nel quale il primo a dover entrare è l'insegnante. Un laboratorio è composto soprattutto di strumenti, ma gli strumenti della didattica sono soprattutto di carattere psicologico. Uno strumento psicologico è uno strumento che abbrevia la distanza tra ciò che si sa già e ciò che si sta apprendendo. Uno strumento psicologico serve a scomporre concetti complessi *in unità di apprendimento minime*, come nell'esempio precedente. La prima fase

è stata dedicata all'osservazione, *quando una leva può trovarsi in equilibrio!* Ciò ha abbreviato la distanza consentendo, dopo, di proporre il problema: *quando una leva si trova in equilibrio?*

L'ipotesi metodologica proposta e realizzata in questa esperienza deve essere inserita in un'ipotesi più generale di revisione della didattica che tenga conto e si confronti con gli aspetti trasversali delle discipline che sempre più rappresentano la cifra distintiva di una didattica formativa. È ormai evidente che non è più sufficiente parlare di: *didattica laboratoriale, problematizzazione e logiche-operative* se non si opera una selezione e una riorganizzazione curricolare dei contenuti essenziali sui quali attuare tali strategie. La relazione tra didattica laboratoriale, la metodologia e i contenuti, *i saperi essenziali*, risulta essere un nodo fondamentale della nostra scuola e in particolare per quella di base; nodo tuttora irrisolto. In questo contesto l'aspetto trasversale della metodologia dei processi e dei contenuti è fattore determinante per la formazione degli individui. Rimettere in discussione le discipline, lungo i profili metodologici e trasversali, significa quindi porsi il problema dei processi di apprendimento significativi, in senso costruttivo, di cui all'inizio abbiamo cercato di dare i paradigmi teorici di riferimento.

*Tab. 1 - Tabella di compilazione dati sperimentali sulle leve di primo genere*

Braccio P		Braccio R		Risultato	
<i>Distanza</i>	<i>Peso</i>	<i>Distanza</i>	<i>Peso</i>	<i>Equilibrio</i>	<i>Non in equilibrio</i>
1	1	1	1		
2	1	2	1		
3	2	3	2		
4	4	4	6		
2	4	4	2		
2	2	2			
3	5		3		
3	8	6			
1	15	5			
3	3		9		
6	4		12		
3	10	1			
6	5		10		
5	8	4			
4	8		16		
2	7	1			
1	12	6			
5	4		10		



Procedimento:

- 1) Incollare il foglio sul cartoncino;
- 2) ritagliare le due forme;
- 3) piegare lungo le linee tratteggiate;
- 4) fare un piccolo foro nei punti A, B, C, D.

Materiale: scatola di fermagli di metallo, cartoncino, colla, forbici, scotch.

---

## PERCORSO PER MODELLI - ANALISI DI UN'ESPERIENZA E RIFLESSIONE SUI DATI

---

Giuliano Cerè\*

\*Docente di Tecnologia - Scuola secondaria di primo grado, I.C. n. 14, Bologna

Attualmente la disciplina è stata denominata Tecnologia (Legge n. 53/2003); pertanto la sua valenza assume il significato di una *scienza che studia la tecnica* e di conseguenza si è imposta una revisione del modello epistemologico che vedeva al centro l'oggetto tecnico prodotto dall'uomo e la produzione come un processo evidente e consapevole di realizzazione di qualcosa che non c'è. La visione tecnologica ha posto il progetto come elemento di sintesi delle conoscenze pregresse per realizzare un artefatto<sup>1</sup>.

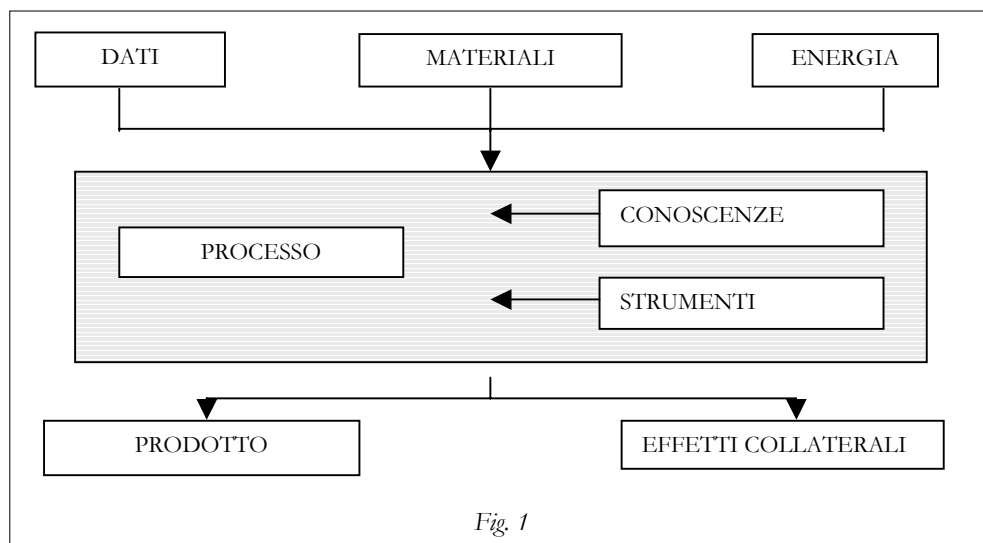


Fig. 1

Appare evidente la struttura *top/down* del modello che rileva tre linee di intervento sequenziali, gli elementi di partenza, la fase centrale della produzione, il prodotto ottenuto. Nella parte iniziale possiamo considerare la materia prima che diventa di fatto l'oggetto dell'elaborazione; può essere di entità astratta (dati) o concreta come materiali presenti in natura o semilavorati. Il processo è qui inteso come l'esecuzione di un insieme di operazioni di trasformazione sulle materie prime volte ad ottenere un risulta-

---

<sup>1</sup> Il modello di fig. 1 è stato elaborato nel corso del 2006 dal gruppo di ricerca 'Tecnologia', composto da docenti (dalla scuola elementare all'università) costituitosi nell'ambito del progetto coordinato da IRRE E-R e USR per l'Emilia-Romagna.

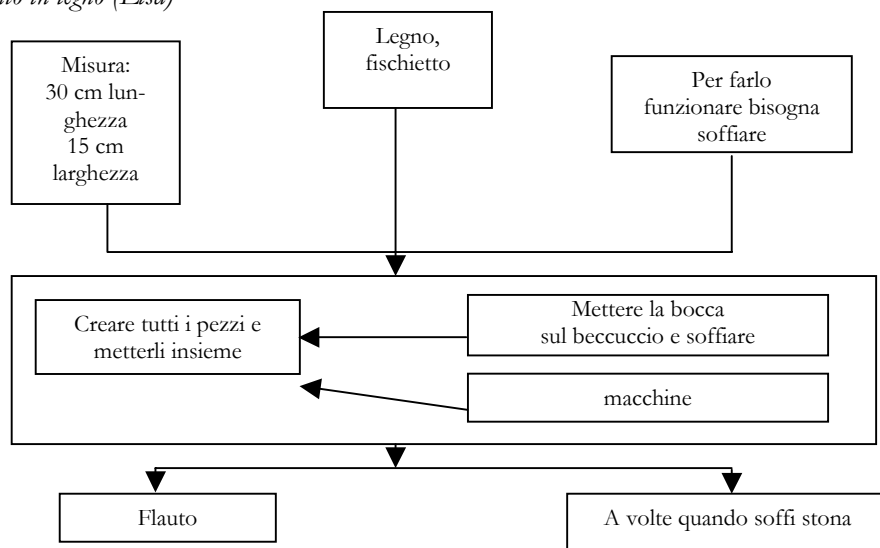


to prestabilito. Tale processo è caratterizzato dalla presenza di due elementi indispensabili per la realizzazione voluta e determinata di un certo prodotto: la conoscenza e gli strumenti. Nel primo caso intendiamo quella/e teoria e metodi che stanno alla base della conoscenza per la produzione, cioè gli aspetti di conoscenza tecnico-scientifica. Nel secondo caso intendiamo l'insieme di oggetti necessari per attivare il progetto.

### L'esperienza nella scuola media

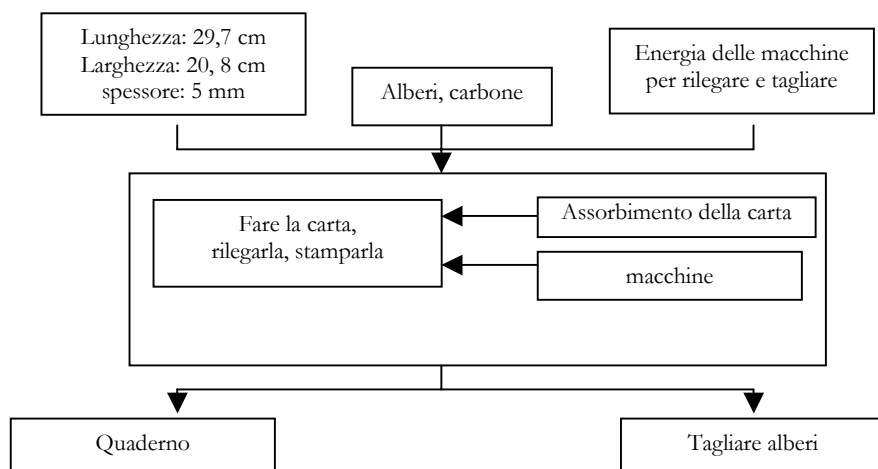
L'attività di ricerca si è sviluppata nell'ambito di due prime classi dell'I.C. n. 14 per diversi motivi. Innanzi tutto perché è nella classe iniziale della scuola secondaria che si affronta il problema della conoscenza della disciplina, scopi, nuclei fondanti, percorsi... si gettano le basi per un proficuo percorso, in cui ciascun alunno acquisirà le competenze necessarie per la costruzione consapevole delle conoscenze. In questo momento iniziale occorre dare particolare risalto al significato intrinseco della parola 'tecnologia'. Ho cercato di riportare lo schema agli alunni dando loro una spiegazione delle singole parti e delle loro relazioni. Si tenga conto che un percorso di questo tipo è normalmente proposto per far comprendere agli alunni le differenze sostanziali tra scienza e tecnologia e che cosa 'facciamo' sostanzialmente durante le ore di tecnologia. Dopo avere distribuito lo schema realizzato nel gruppo di ricerca ho invitato gli alunni a riproporre il medesimo pensandolo riferito ad un oggetto scelto a piacere; ho dato luogo cioè ad una analisi, riflessione di tipo *fenomenologico*, ponendo una situazione problematica all'interno della quale ogni alunno doveva disporre le sue conoscenze. Per ragioni di spazio non vengono riportati i lavori di tutti gli alunni ma alcuni particolarmente significativi. Vediamo allora alcuni dettagli.

#### A - Flauto in legno (Lisa)

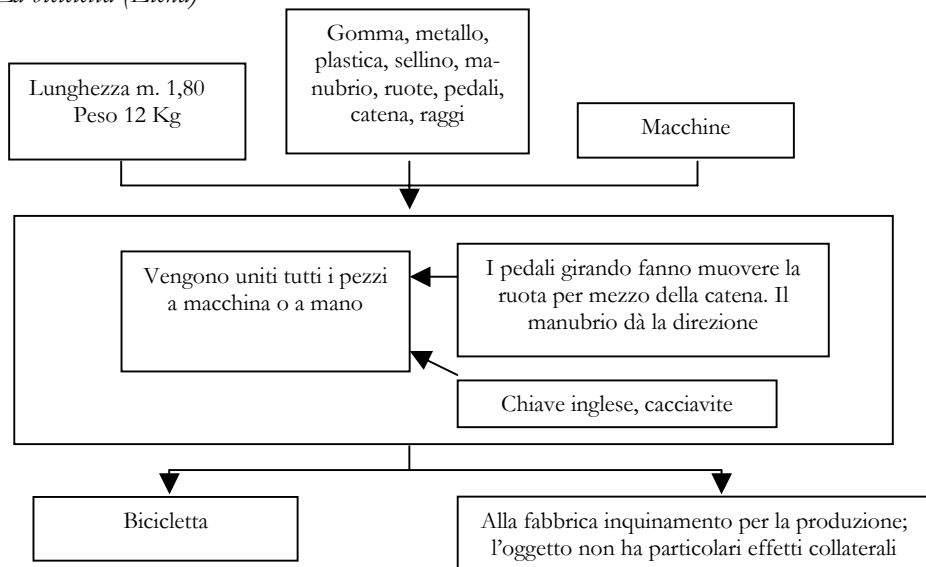


In un caso come questo può essere interessante osservare come, sulla base delle risposte fornite alla voce energia, conoscenze e effetti collaterali, il piano di osservazione preso dall'alunna sia quello del funzionamento (del farlo 'funzionare') e non quello della produzione. Lo si comprende chiaramente dall'uso di forme verbali come soffiare, da ciò che bisogna fare e dal fatto che gli effetti collaterali sono legati ad una tecnica impropria di utilizzo dello strumento. È necessario quindi esercitare un'azione di rinforzo sul differente significato dei termini *produzione ed utilizzo* di uno strumento o manufatto. Potrebbe essere interessante valutare se tale modello può essere applicabile, con opportune modifiche, anche ai seguenti tipi di analisi.

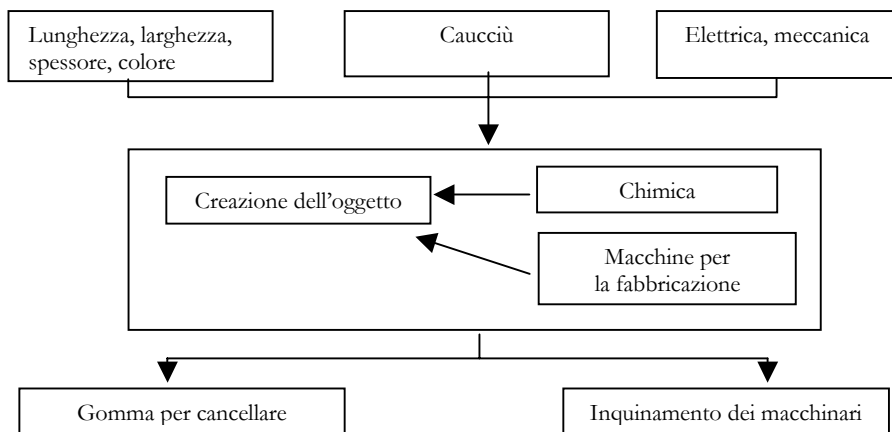
*B - Il quaderno (Silvia)*



Da questo esempio si è potuto rilevare, come per molti altri, che senza una specifica esperienza di produzione, la costruzione di un oggetto, gli elementi sono spesso generici, frutto dell'immaginazione dei singoli, che presuppongono l'esistenza di certi passaggi, l'uso di determinati materiali ecc. Così appare poco chiaro l'utilizzo del carbone e rimane generico il problema energia. In ogni caso anche una situazione di questo genere ci permette di orientarci in un percorso di conoscenza e quindi di confrontarci con ogni singolo alunno.

*C - La bicicletta (Elena)*

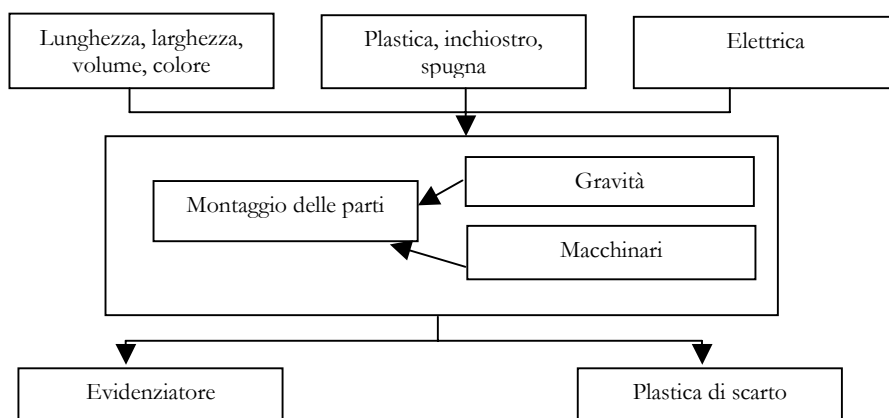
In questo esempio vediamo come una maggiore attenzione deve essere posta alle specifiche di partenza; la bicicletta, così come altri manufatti, viene identificata da una 'taglia' e questa deve rispondere a misure precise e proprie. Si può inoltre fare notare come alcune elementi non sono caratterizzanti l'oggetto prodotto (in questo caso il peso). Nei materiali sono elencati elementi che compongono l'oggetto ed anche questo può essere elemento di precisazione. Si nota, invece, la ricerca negli aspetti che sottendono alle conoscenze, trasmissione del movimento e direzionalità.

*D - La gomma da cancellare (Chiara)*

Nell'esempio di Chiara si evidenzia una certa precisione alla voce *materiali* (anche se possono essere discusse alternative) ed a quella *energia*. Altrettanto interessante potrebbe essere l'approfondimento delle conoscenze. In effetti l'uso di questo modello può rappresentare un valido punto di partenza per riflessioni e ricerche sulla produzione.

#### *E - Evidenziatore (Andrea)*

Nel lavoro di Andrea si può rilevare una certa completezza nell'analisi completamento delle parti. Rimane generica e poco chiara quella relativa agli effetti collaterali; infatti oltre agli elementi più facilmente intuibili (come il materiale di scarto) raramente viene preso in esame il problema dell'inquinamento a livello energetico.



#### *Osservazioni e riflessioni su tutto il materiale prodotto*

La parte relativa ai dati è risultata la più difficile da individuare. I dati sono spesso generici e vengono proposti ed intesi come le dimensioni dell'oggetto da realizzare. In effetti non sempre appare chiaro che essi rappresentano la specifica dell'oggetto, hanno una rilevante importanza perché rappresentano non solo il punto di partenza ma di fatto quello di arrivo, cioè quello che deve essere realizzato.

Per quanto riguarda i materiali, salvo alcune comprensibili difficoltà nella loro individuazione, non si sono rilevati particolari problemi.

Per la parte dell'energia solamente alcuni alunni sono stati in grado di specificare le forme di energia coinvolte nel processo di produzione. Molto più genericamente si è parlato di energia per le macchine che producono l'oggetto.

Il processo è stato sovente semplificato come quella serie di operazione per costruire l'oggetto in esame, spesso inteso come montaggio delle singole componenti. Sarebbe opportuno soffermarci su di un processo e dettagliarlo.

Per la parte relativa a conoscenze e strumenti si sono evidenziati aspetti contrastanti. Da un lato per le conoscenze sono emerse alcune considerazioni interessanti. Come detto in altra parte sono stati evidenziati elementi relativi ad aspetti scientifici stretta-

mente legati alla costruzione ed alla funzionalità dell'oggetto. Si possono notare, per esempio, le relazioni:

- principio di assorbimento della carta;
- organi di trasmissione per la bicicletta;
- la chimica per la gomma da cancellare.

Generica è invece la voce relativa agli strumenti, spesso elencati senza una precisa cognizione di causa. Ovviamente alcuni processi sono stati immaginati ma non vissuti come esperienza personale e per questo forzatamente generici. Anche per quanto riguarda i materiali di scarto le voci rilevate potrebbero essere più circostanziate, proprio per quanto affermato nel punto precedente.

In generale una certa difficoltà si è riscontrata nella identificazione del significato di *dati*, mentre molto interessante è risultato l'accostamento tra la voce *conoscenze* e *l'aspetto scientifico* legato alla produzione di quel determinato oggetto, nel senso che per la maggior parte degli alunni accanto ad un aspetto tecnico c'è sempre la conoscenza di un principio 'scientifico' che sta alla base del funzionamento di quel determinato oggetto. Così dunque per molti la costruzione di una penna biro non può prescindere dalle conoscenze scientifiche relative alla viscosità dei fluidi, come l'inchiostro, o della forza di gravitazione universale per consentire allo stesso di scendere nel refill (vedi le difficoltà a scrivere in verticale con la penna capovolta), da cui il 'famoso' aneddoto della penna spaziale ideata dai russi (la matita!)

### **Applicazione del modello. Calendario da tavolo**

Per cercare di superare le riflessioni troppo generiche evidenziate in molti esempi, si è proceduto alla specificazione di un bisogno poi formalizzato in una richiesta realizzativa. Innanzi tutto il gruppo classe è stato diviso in diversi sottogruppi costituiti ciascuno da due alunni al fine di consentire la formulazione di diverse ipotesi e quindi diverse soluzioni per lo stesso oggetto.

Il problema individuato è stato quello della realizzazione di un piccolo calendario da tavolo, una cosa concreta quindi in cui tutti si devono cimentare, pensare, produrre. Solo attraverso l'esperienza diretta e personale sarà possibile perfezionare lo schema, specificandone ogni elemento. Tra i tanti esempi realizzati abbiamo scelto i due più significativi in termini di originalità e specifiche di realizzazione.

#### *Calendario A*

Consiste in un semplice foglio di cartoncino di recupero dello spessore di 1 mm che è stato tagliato per ottenere determinate misure e piegato per ottenere la forma richiesta; l'oggetto, così com'è stato realizzato è rappresentato nella sua fase progettuale in fig. 2.

Il cartoncino piegato lungo linea di definizione assume un profilo triangolare che mantiene grazie alla linguetta incastrata nell'apposita fessura. Su una delle due superfici inclinate vengono incollati dei foglietti a strappo (in pratica un piccolo blocco note) ciascuno riportante il mese ed i giorni. In questo caso l'idea semplice ma efficace del supporto consente una certa rigidità e leggerezza.

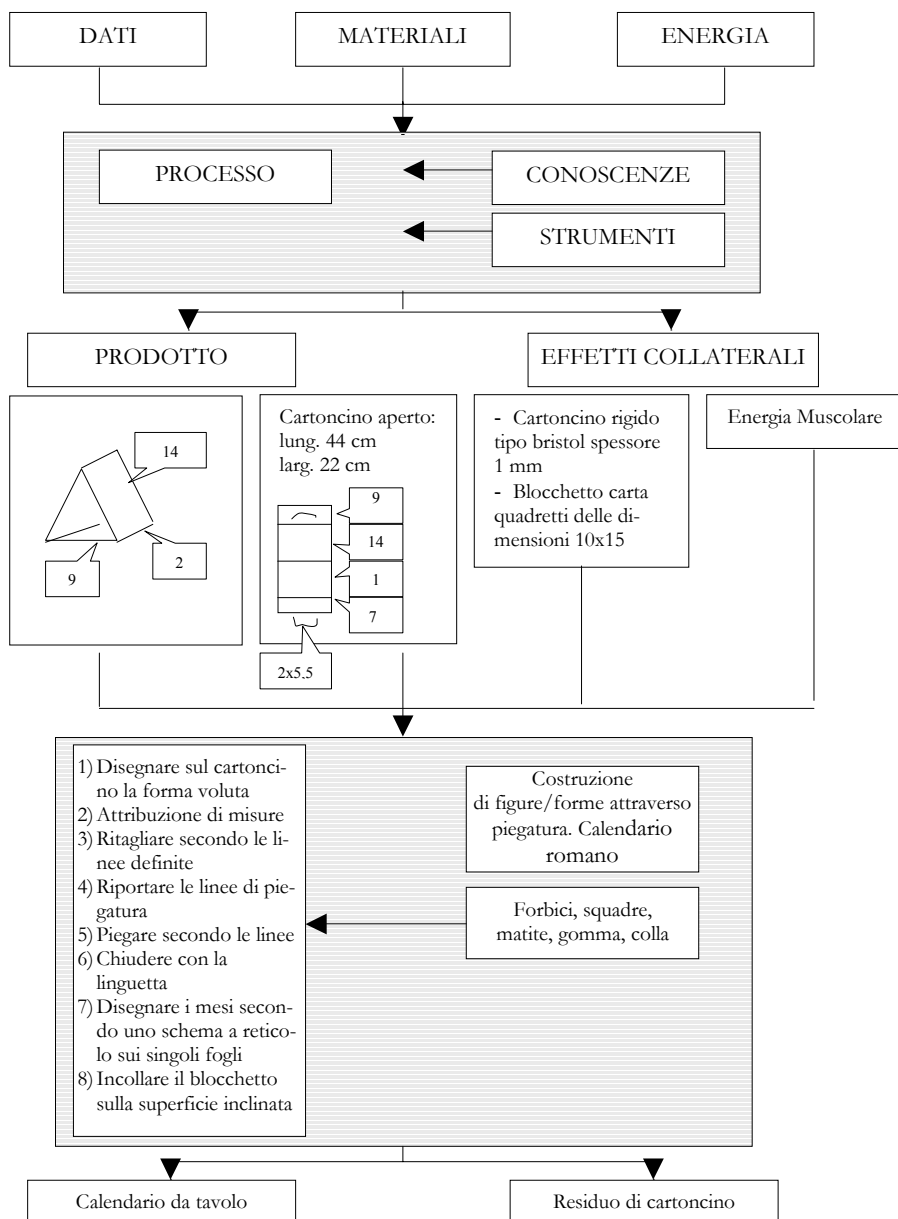


Fig. 2

I due alunni del gruppo hanno pensato e realizzato tale oggetto esclusivamente a scuola, mano a mano che hanno proceduto alla realizzazione hanno riportato sul quaderno tutti i dati raccolti e pensati cercando, successivamente, di riportarli nello schema del modello progettuale di riferimento.

### Calendario B

Anche in questo caso si è utilizzato materiale di recupero o comunque ad altro uso destinato e ciò ha rappresentato un'idea veramente interessante. Si è preso una custodia da mini cd della forma quadrata e delle dimensioni 9,5x9,5, non *slim* (cioè non quelli sottili). Aperto e facendo ruotare lo 'sportellino' (la parte superiore della custodia) fino al blocco dalla parte opposta ne salta fuori una sorta di contenitore in cui lo sportellino diventa la base e la parte che raccoglie il cd (la parte inferiore della custodia) diventa un contenitore per dei piccoli cartoncini datari.

Vediamo allora come il gruppo ha riportato nello schema del modello il percorso effettuato per la realizzazione del calendario (fig. 2).

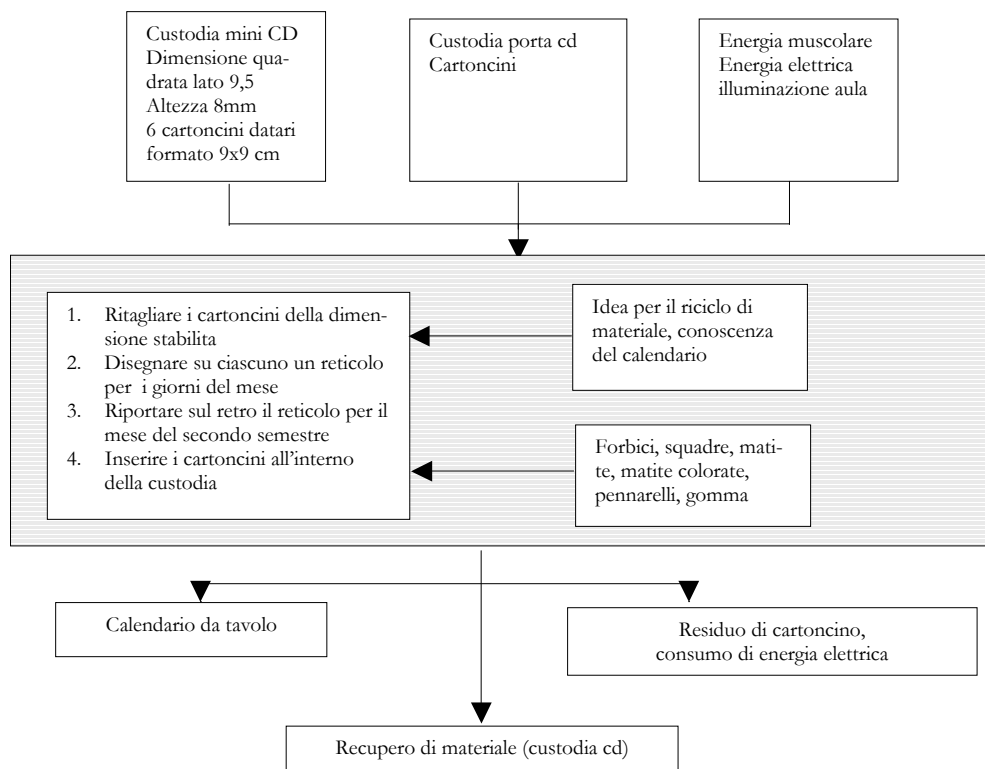


Fig. 3

Come si può vedere in questo schema gli alunni hanno inserito alcuni aspetti interessanti. Innanzi tutto hanno ritenuto opportuno l'inserimento dell'energia elettrica utilizzata per illuminare l'aula nell'ambito dell'energia utilizzata per la produzione del calendario. Questa non è certamente energia utilizzata in maniera diretta, ma si può considerare parte del ciclo di produzione. In effetti in un'azienda che realizza manufatti il costo di produzione e quindi quello di vendita non possono non tener conto anche delle spese sostenute per il normale funzionamento del reparto.

Altro aspetto interessante, e aggiunto allo schema base, riguarda la voce recupero materiale. In effetti la costruzione di questo oggetto parte sostanzialmente dall'utilizzo della custodia cd che ne determina in maniera sostanziale le specifiche misure. Non è stato ritenuto inserirlo nella casella effetti collaterali, per i quali sono 'sentiti' in maniera preponderante aspetti di tipo negativo.

I due esempi riportati ci hanno permesso di specificare meglio le singole voci del modello generale di base, verificando nel contempo due elementi importanti:

- la validità del modello in differenti situazioni;
- la maggiore precisione nel riempimento dello stesso quando la produzione di un oggetto passa direttamente attraverso la sperimentazione e realizzazione personale.



---

# STUDIO E RAPPRESENTAZIONE DI UN ARTEFATTO TECNOLOGICO: IL MOUSE

---

Marco Petrelli\*

*\*Docente di Tecnologia - Scuola secondaria di primo grado, Ozzano dell'Emilia (Bo)*

## Fase preliminare

Ad ogni allievo è consegnato un mouse. Il mouse è un dispositivo in grado di inviare un input ad un computer in modo tale che ad un suo movimento ne corrisponda uno analogo di un indicatore sullo schermo detto cursore. È inoltre dotato di uno o più tasti ai quali possono essere assegnate varie funzioni.

Il mouse consegnato agli allievi è integro (a parte il cavo di collegamento preventivamente reciso) ma non più funzionante. Si tratta di materiale elettronico obsoleto, facilmente reperibile presso centri di ripristino e ricondizionamento di apparecchiature elettroniche usate oppure impianti di smaltimento RAEE (rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche).

Oltre ai mouse viene distribuita carta assorbente per la pulizia e viene messo a disposizione degli allievi del detergente liquido. I ragazzi sono inviati a pulire il loro oggetto accuratamente. Sono poi distribuiti sacchetti di plastica trasparenti muniti di chiusura ermetica a pressione, nei quali gli allievi possono inserire il proprio mouse (o singoli elementi) e sui quali possono apporre etichette adesive.

## Momento percettivo

Come prima cosa è dato spazio ad un momento di percezione libera dell'oggetto, invitando gli allievi a sviluppare la consapevolezza dei processi mentali e sensoriali che si attivano nel momento in cui si entra in contatto con un nuovo oggetto.

Si riflette insieme sul coinvolgimento dei diversi sensi.

- vista: osservazione esteriore dell'artefatto mouse, il colore, la forma;
- tatto: riconoscimento del tipo di superficie e dei diversi materiali;
- udito: il click e il doppio click del mouse, il rumore del contatto con la superficie del tavolo, ecc.

La manipolazione del mouse consente di identificare alcuni dei gradi di libertà della struttura in modo da riconoscere le possibilità di movimento più elementari.

## Rappresentazione

Esaurito il momento percettivo sorge nei ragazzi la disponibilità ad un lavoro più approfondito che inizia dalla rappresentazione dell'oggetto. L'attività di rappresentazione viene lasciata volutamente libera da qualsiasi indicazione o condizionamento in modo da fare emergere spontaneamente i problemi ad essa connessi.

Le domande che via via gli allievi pongono a loro stessi e all'insegnante sono annotate sulla lavagna e successivamente sul quaderno, in modo che ciascuno possa cominciare a riflettere alle possibili risposte.

Alcuni esempi:

- Cosa rappresentare?
- In che dimensione? E rispettando quali proporzioni?
- Da quale angolazione?
- Con quale strumento di disegno?
- Con quale metodo di rappresentazione?
- Con quale livello di approfondimento?

La discussione che segue è un'occasione per richiamare alcuni concetti fondamentali legati alle differenti tecniche di rappresentazione e alle funzioni del disegno tecnico. Si rafforza negli allievi la consapevolezza che la rappresentazione di un oggetto, del tipo di quella che stanno eseguendo, costituisca un esempio significativo di modellazione. Viene così superato lo stereotipo del modello come necessariamente tridimensionale.

### **Nomenclatura esteriore**

Proseguendo nel lavoro gli allievi avvertono il desiderio di dare un nome a ciò che via via stanno rappresentando, per arricchire i loro disegni di una informazione testuale che riconoscono utile. Il docente invita gli allievi a ipotizzare nomi plausibili e alternativi per le parti via via considerate, senza condizionarli con alcun suggerimento per consentire loro di misurarsi con le difficoltà di questa attività e per non privarli del gusto della ricerca.

Gli allievi rimangono un po' disorientati dal livello di arbitrarietà che riconoscono nel lavoro di nomenclatura. Questo li costringe ad una maggiore attenzione e responsabilizzazione rispetto alla scelta e all'utilizzo delle diverse parole.

A questo punto si svolge con i ragazzi un breve lavoro di ricerca sui termini, per meglio strutturare alcuni concetti emersi nell'attività precedente. Il lavoro consiste nello scegliere una parte dell'oggetto (ad esempio la 'pallina' del mouse) e nel tentare di assegnare ad essa un termine specifico. I ragazzi annotano sul proprio quaderno, in completa autonomia, il termine secondo loro più adatto.

La socializzazione delle diverse ipotesi terminologiche per l'elemento 'pallina' porta al costituirsi di un gruppo di parole che viene via via trascritto sulla lavagna, e dagli allievi sul quaderno. Sono gli stessi allievi a proporre più espressioni per una stessa parte riconoscendo come a seconda dell'aspetto (proprietà o caratteristica) che si vuole evidenziare sia più adatto un termine piuttosto che l'altro. A questo primo gruppo di termini pseudo-sinonimi seguono altri gruppi di termini, ciascuno per una parte differente del mouse.

Prende quindi forma un glossario ridondante in cui i termini sono inseriti a gruppi di sinonimi. Ciascun allievo trascoglierà, all'intermo del glossario comune, le parole che ritiene meglio applicabili al proprio oggetto.

## Disassemblaggio

L'insegnante chiede agli allievi di iniziare con l'attività di smontaggio, con la raccomandazione di procedere con la massima gradualità e lentezza, e di proseguire comunque con la rappresentazione grafica già intrapresa. Trattandosi di una struttura in prevalenza ad incastro, gli allievi possono effettuare il disassemblaggio per lo più a mano. L'insegnante mette comunque a disposizione il set dei cacciaviti.

Gli allievi si rendono conto che l'organizzazione strutturale dell'oggetto prevede la presenza di alcuni assiemi, cioè aggregati di parti accomunate da un criterio unificatore (spesso la funzione), a cui è comunque possibile e ragionevole attribuire un termine identificativo.

L'insegnante suggerisce ad alcuni allievi più motivati di schematizzare l'organizzazione delle diverse parti costituenti l'oggetto (compresi gli assiemi e i sub-assiemi) attraverso lo strumento del grafo ad albero a più livelli.

Tutti gli elementi atomici, cioè non ulteriormente scomponibili, che compongono l'oggetto vengono ordinatamente annotati su una apposita scheda fornita dall'insegnante, sulla quale gli allievi devono anche indicare il sistema di fissaggio dei diversi elementi alla porzione di oggetto rimanente.

Al fine di portare gli allievi alla scoperta (o ri-scoperta) del concetto di procedura, l'insegnante chiede di rimontare e poi rismontare completamente l'oggetto annotando la successione esatta delle operazioni, sia in modo grafico sia in modo verbale. Questa particolare attività costringe gli allievi ad un'accurata scelta dei verbi operatori più adatti per descrivere le varie operazioni (togliere, svitare, staccare, sollevare, ecc.).

L'attività di assemblaggio e disassemblaggio viene agevolata dall'uso di molti sacchetti di plastica trasparente a chiusura ermetica nei quali gli allievi possono riporre i diversi elementi via via separati e su cui possono apporre etichette. La sequenza di passaggi seguita da ciascun allievo deve poi essere tradotta graficamente attraverso un diagramma di flusso.

## Funzionamento

Procedendo nell'attività di disassemblaggio gli allievi hanno modo di svelare i meccanismi interni del mouse e sono colpiti in particolare dal sistema di rilevazione del movimento della pallina di gomma. Potendo osservare il meccanismo in tutti i suoi dettagli e da vicino, gli allievi sono evidentemente portati a porsi la domanda: 'in che modo questo meccanismo assolve alla sua funzione?'

L'insegnante invita gli allievi a formulare delle ipotesi, cercando di esercitare le loro facoltà deduttive. Gli allievi riconoscono la presenza di alcuni componenti elettronici coinvolti nel funzionamento del sotto-sistema e sono quindi portati a immaginare la funzione specifica di tali componenti per dare senso al funzionamento complessivo sotto-sistema. La socializzazione delle diverse ipotesi prepara il momento di spiegazione da parte dell'insegnante.

## **Esposizione**

Al termine del lavoro l'insegnante propone agli allievi di dare evidenza al percorso effettuato organizzando una sorta di esposizione nella quale ogni artefatto mouse possa trovare adeguata presentazione. Si sceglie di utilizzare supporti in cartoncino rigido ottenuti sfruttando, come materiale di recupero, i contenitori delle risme di carta da fotocopie presenti a scuola. Con il cartoncino sono realizzati dei supporti standard sui quali ogni allievo espone gli elementi del proprio mouse corredati da didascalie, disegni e altre informazioni utili ricavate durante il lavoro.

## **Considerazioni finali**

*Problema/Bisogno ► Risorsa*

Agli allievi sono consegnati oggetti che stimolano la loro innata curiosità e che quindi suscitano il desiderio di conoscerne la struttura interna e il funzionamento. Il problema si presenta quindi nella forma di bisogno di conoscenza e gli allievi acquisiscono via via la percezione di quali siano i migliori strumenti per affrontarne i diversi problemi. Alla significativa constatazione del ruolo fondamentale della propria dotazione sensoriale in ogni forma di conoscenza e di scoperta si affianca la consapevolezza di come il linguaggio iconico e il linguaggio verbale costituiscano strumenti conoscitivi formidabili e imprescindibili.

*Risorsa ► Processo ► Risultato/Prodotto*

La varietà e il numero delle attività proposte dall'insegnante ha lo scopo di dilatare e approfondire il senso di ricerca e indagine degli allievi. Il significato di ogni singola attività, percepito inizialmente da molti allievi come a sè stante, viene via via articolato e messo in relazione con quello delle altre, acquistando quindi il senso di una fase inserita in un più ampio processo di conoscenza tecnologica, del quale non sfugge la complessità. L'espositore realizzato dagli allievi al termine del percorso rappresenta il risultato e la sintesi del loro lavoro di ricerca.

*Controllo ► Processo*

A controllare tale processo è evidentemente l'insegnante che attraverso l'elaborazione dei *feedback* ricevuti dagli allievi è in grado di suggerire percorsi o piste di indagine, di indurre e stimolare nuovi bisogni di conoscenza, di fornire ulteriori e migliori strumenti per raccogliere e organizzare le informazioni.

---

## ESPERIENZA DI UNA CLASSE TERZA DELLA SCUOLA PRIMARIA DI MONTALETTO

Cristina Zoffoli\*

---

*\*Docente di Scienze, Matematica, Tecnologia, Informatica - D.D. 2° Circolo, Cervia (Ra)*

Nelle Indicazioni nazionali per i Piani di studio personalizzati del 2004 viene introdotta nella scuola primaria una nuova disciplina: 'Tecnologia e informatica'.

La sua anticipazione fin dal primo anno della scuola primaria è giustificata dal fatto che i bambini sono immersi in una realtà sempre più artificiale e vivono circondati dai prodotti della tecnica: è quindi necessario sviluppare in loro una consapevolezza d'uso che li renda sempre più coscienti, informati, responsabili degli oggetti tecnologici e non solo fruitori-consumatori.

### **Cosa significa in pratica introdurre nella scuola un percorso di studi di Tecnologia?**

Innanzitutto è opportuno sottolineare l'interdisciplinarietà del sapere tecnologico. Sarebbe inutile e privo di senso considerare la Tecnologia come una materia avulsa dalle altre e scollata dai vari percorsi disciplinari. Alla Tecnologia appartengono i Nodi concettuali riferibili a Storia (studio dei progressi dell'uomo), Scienze (sapere utilizzati, scoperte raggiunte, Geografia (azione dell'uomo), Arte e immagine (scoperta del design dei manufatti tecnologici). Appare dunque indispensabile creare percorsi trasversali e di connessione con le altre discipline.

La seconda considerazione riguarda il legame che bisogna necessariamente stabilire tra l'ambiente in cui il bambino vive e le attività proposte, per dare un senso all'apprendimento di questa disciplina. Se, infatti, per Tecnologia si intende lo studio di tutto ciò che è artificiale, bisogna cercare di far comprendere al bambino le esigenze e i bisogni che hanno spinto l'uomo a mettere in pratica certi processi o a realizzare determinati interventi; si può quindi procedere all'individuazione dei vari atti di trasformazione: progettazione, produzione, manutenzione ecc. senza dimenticare le eventuali problematiche di impatto ambientale.

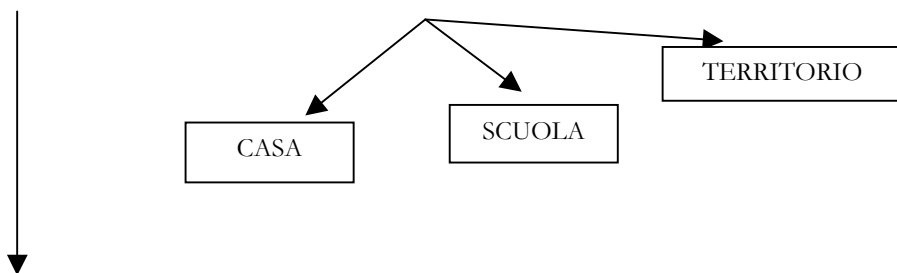
### **Tappe significative del percorso di studi tecnologici**

Per realizzare questo percorso, nella classe terza della scuola primaria statale di Montaletto di Cervia (Ra), nell'a.s. 2005-06, si è pensato di attivare un laboratorio significativo per consentire agli alunni di: sviluppare un'idea di *progetto* iniziale (legato alla risoluzione di un problema); raccogliere dati; ricercare informazioni; utilizzare gli strumenti; scegliere i materiali; realizzare un *prodotto* finale; valutare l'impatto ambientale e gli eventuali effetti indesiderati; valutare la sua rispondenza al problema iniziale.

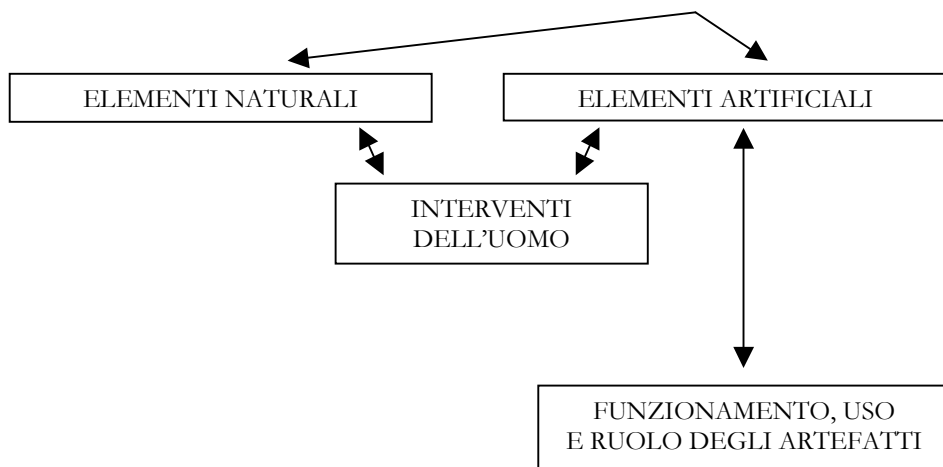
Per la realizzazione del prodotto risulta fondamentale l'attività pratica di manipola-

zione dei materiali e/o di costruzione attiva. Ogni fase è rinforzata dall'attività linguistica-descrittiva e dall'attività grafica, per fare in modo che l'esperienza diretta si trasformi in sapere formalizzato. Si stimolano così i bambini a riflettere, ordinare in modo sequenziale e cogliere gli aspetti significativi dell'esperienza.

#### *ANALISI DEGLI OGGETTI TECNOLOGICI*

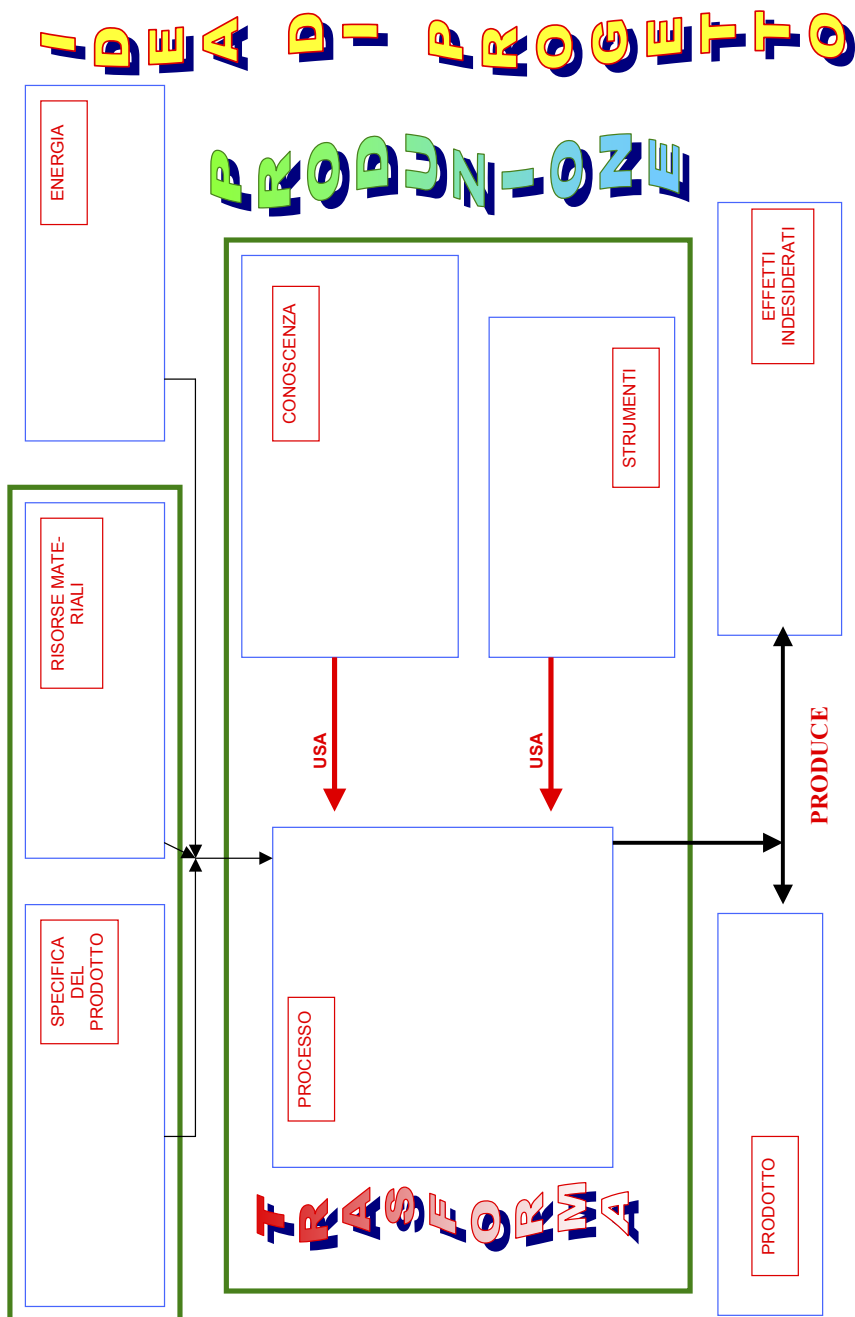


#### *OSSERVAZIONE SISTEMATICA DELL'AMBIENTE IN CUI SI VIVE*



Le tappe del lavoro sono state le seguenti:

1. Presentazione ai bambini del 'modello' su un cartellone (vedi figura).



2. I bambini hanno mostrato immediatamente curiosità e hanno richiesto di avere lo stesso modello in formato A4. Nel laboratorio multimediale, a piccoli gruppi, i bambini si sono costruiti il modello in formato A4. Durante la *fase di elaborazione del modello* continuamente venivano fatte all'insegnante delle domande: "maestra cosa significa specifica del prodotto?" Oppure: "cosa sono gli effetti indesiderati?" Ancora "dove mettiamo questo lavoro, nel quaderno di matematica? e a cosa serve?". L'insegnante si è limitata ad aiutarli nella costruzione del modello con il programma *Microsoft Word* alimentando in loro curiosità. I bambini dopo averlo realizzato senza troppe difficoltà, chiedevano in quale quaderno metterlo. Sono stati invitati a conservarlo con cura perché 'servirà', senza rispondere nei dettagli.

3. L'indomani i bambini hanno richiesto subito di lavorare sul modello.

4. L'insegnante li ha stimolati a *riflettere su alcune parole* a loro più familiari. Una bambina ha detto: "maestra il prodotto può essere il memory di educazione ambientale che abbiamo costruito?"

5. Alla bambina è stato chiesto di scrivere sul cartellone, vicino alla parola 'prodotto' la parola 'memory'.

6. L'insegnante ha in seguito invitato i bambini a *giocare nel riempire tutte le caselle*. Solo inizialmente sembrava difficile, ma appena è stato spiegato il significato del termine 'processo' molti hanno detto "ma allora è facile". Ad eccezione della casella *Energia*, i bambini sono riusciti a riempirle tutte. È nata una vera discussione su cosa scrivere in 'energia'. L'insegnante li ha incoraggiati a scrivere su un foglio il significato che ha per loro la parola *Energia*.

È iniziato in questo modo un percorso di durata triennale sull'energia, sui processi di trasformazione e sul principio di conservazione.

7. Dopo alcune settimane i bambini sono riusciti a riempire anche la casella *Energia* e ad aggiungere altre indicazioni nelle altre caselle.

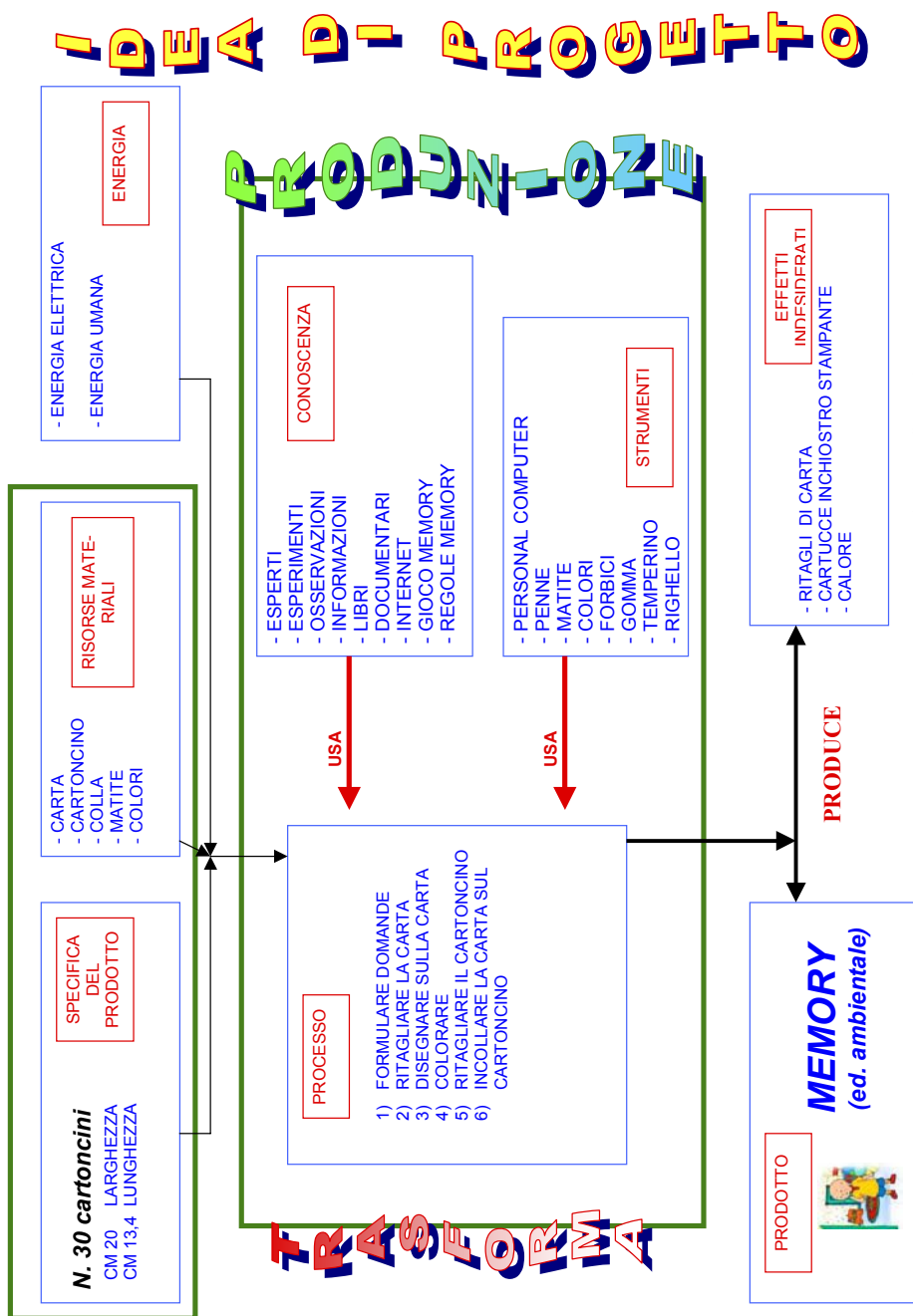
8. Gli alunni molto entusiasti hanno chiesto di fare un cartellone in *publisher* da appendere nel laboratorio multimediale (il cartellone è stato realizzato impiegando circa un mese per un totale di 12 ore).

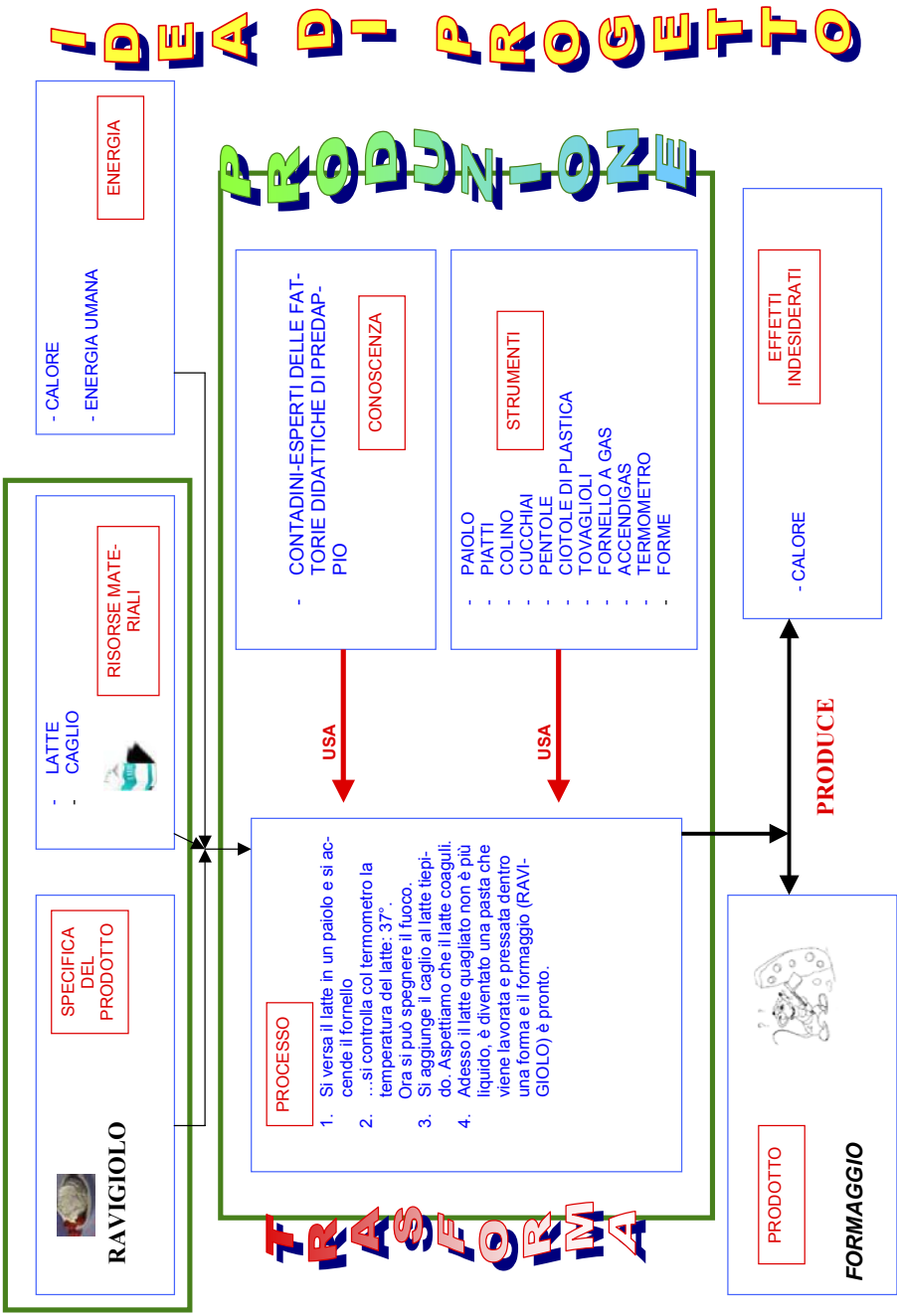
9. Prima collettivamente poi singolarmente, partendo da un qualunque 'prodotto' realizzato in classe, è risultato semplice ideare progetti.

10. Si sono dimostrati particolarmente significativi due 'progetti' che hanno come prodotto uno il formaggio e l'altro la costruzione di un programma in grado di risolvere le tabelline. Si ritiene che l'esperienza sia stata positiva, perché ha permesso di ripensare, puntualizzare, definire e rinforzare diversi percorsi svolti.

Al termine dell'anno scolastico un'alunna ha detto: "maestra quante cose servono per fare *tutto*, non ci avevo mai pensato". Insieme hanno aggiunto "sì, è vero". Un altro alunno ha detto: "non sarebbe meglio prima ideare il progetto e poi realizzare il prodotto, forse *viene meglio*". "Sì è vero, forse riusciamo anche ad eliminare l'effetto indesiderato" ha aggiunto un'altra bambina, "impossibile" hanno esclamato in coro.











# Postfazione

---

## UN 'PONTE' VERSO NUOVE INDICAZIONI NAZIONALI

*Giancarlo Cerini\*, Nerino Arcangeli\**

---

*\*Dirigenti Tecnici - Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna*

### Scenari in movimento

La scuola italiana negli ultimi dieci anni è stata attraversata da un ampio dibattito su possibili nuovi assetti curriculari ed organizzativi, sia in relazione alla riconosciuta autonomia delle istituzioni scolastiche (1997), sia in previsione di riforme degli ordinamenti (2000 e 2003) che però hanno stentato a tradursi in effettivi e condivisi cambiamenti.

Sullo sfondo, scenari culturali ed esistenziali sempre più complessi (globalizzazione, nuove tecnologie, pervasività della comunicazione, stili di vita) hanno rimesso in discussione le stesse finalità del sistema educativo, il suo modo di operare, il 'senso' che insegnanti ed allievi possono ancora dare al loro incontrarsi quotidiano nelle aule scolastiche.

Contesti complessi e situazioni problematiche, di fronte ai quali non ci si può scoraggiare, in quanto si ritiene che solo la riflessione, la ricerca permanente, la valorizzazione del 'sapere' della scuola possono offrire una bussola di orientamento per le scelte da compiere per un futuro da riscrivere giorno dopo giorno.

In tutta Europa è ormai evidente che lo sviluppo ed il miglioramento delle pratiche educative non avvengono più attraverso le grandi ingegnerie di ordinamento o le grandi costruzioni curriculari, ma principalmente attraverso le iniziative delle scuole autonome, la responsabilità sociale delle comunità locali, le 'passioni' competenti di insegnanti e dirigenti.

Le vere riforme sono quelle che prendono piede nelle aule delle nostre scuole, che rispondono ad effettive esigenze di apprendimento e di crescita degli allievi, di 'benessere' e di motivazione per i docenti.

È in quest'ottica che è stato pensato e realizzato in Emilia-Romagna il progetto di ricerca congiunto USR-IRRE sulle innovazioni curriculari e pedagogiche, di cui si di-

scute da qualche anno nella scuola italiana. Lo spunto è stato il dibattito innescato dai provvedimenti varati nel 2004 per il primo ciclo di istruzione (nuove indicazioni programmatiche e nuovi dispositivi pedagogici ed organizzativi), con la decisione di offrire alla scuola regionale un'opportunità di ricerca 'plurale', cioè senza la presunzione di fornire risposte definitive, pregiudizialmente ostili o favorevoli, ma aperta al libero confronto tra esperti, al dialogo con la scuola quotidiana, con attenzione ai movimenti reali (le associazioni professionali, i gruppi di ricerca, le reti di scuole).

Ci piace segnalare il metodo adottato e i primi frutti della ricerca su discipline e modelli organizzativi.

### **Le 'officine' del curricolo**

Superata la stagione dei programmi nazionali ed il rischio del 'fai da te' di un'autonomia male intesa, è necessario costruire le coordinate condivise di un progetto culturale nazionale (gli indirizzi nazionali per il curricolo). Ma per farlo non ci si può affidare solo ad esperti o commissioni più o meno estese, più o meno rappresentative. Anche la migliore elaborazione resta 'lontana' e non 'incide' sulla scuola se non si adotta un processo molto aperto, corale, di ascolto e di elaborazione partecipata dal basso. Si decide di cambiare, se si capisce che il cambiamento scaturisce dalla comunità professionale di riferimento, se l'innovazione è percepita come il frutto riconosciuto del lavoro e delle fatiche di tanti.

Ci piace pensare agli oltre 200 ricercatori, dirigenti scolastici, universitari, ispettori, insegnanti, impegnati nei gruppi di lavoro in Emilia-Romagna, come alle maestranze di un'officina ove si forgiavano i curricoli prossimi venturi. Un'officina capace (pur con tutti i limiti di risorse, tempo, disponibilità) di rappresentare una sorta di commissione 'decentrata' sul territorio, in grado di raccogliere le migliori intuizioni ed esperienze didattiche presenti nella realtà regionale, per dare voce alle competenze ed al sapere espresso dalle università e dalle scuole, al fine di tradurre tutto questo in materiali di lavoro per i 'costruttori di curricoli', che non risiedono solo a Roma, ma ormai - a buon diritto - in ogni scuola.

Lo scopo non è solo quello di rendere omaggio alla democrazia formale, di 'ascoltare' tanti, ma di 'approfittare' dell'occasione per coinvolgere un gran numero di operatori scolastici (ma anche di genitori e cittadini, come è avvenuto in Francia con il *Document 1* *Thelot*) attorno al futuro progetto della scuola, partendo da un'analisi realistica dello 'stato dell'arte' e costruendo programmi e curricoli che siano effettivamente alla portata di studenti ed insegnanti: un po' più ambiziosi di ciò che già si fa normalmente a scuola, ma non troppo distanti dalle esperienze migliori, per dare il senso della praticabilità e sostenibilità delle nuove proposte.

### **Le prime indicazioni della ricerca**

Dal lavoro dei gruppi, alcuni centrati sulla dimensione disciplinare (l'ambientazione dei saperi nelle pratiche didattiche), altri su dispositivi pedagogici (la coerenza tra scelte educative ed organizzative), scaturiscono preziose indicazioni per i futuri assetti della scuola di base.

Le scuole, alla luce del nuovo quadro normativo, si aspettano indirizzi curriculari che sappiano coniugare il protagonismo delle scuole autonome con le garanzie e le responsabilità nazionali. I documenti dovrebbero chiarire:

- 1) *quadri di competenze* (o profili di competenza) in forma di standard formativi in uscita da ogni insegnamento scolastico (sul modello del *framework* europeo per la lingua straniera), utili ai docenti, ai ragazzi, al sistema sociale, sia come regolazione, sia come base della certificazione;
- 2) *obiettivi (specifici) di apprendimento*, come indicazioni curriculari, più sobrie di quelle attuali, condivise dalla comunità scientifica, in dialogo con la scuola migliore, di carattere puramente orientativo, da utilizzare intelligentemente nella costruzione dei curricoli 'reali';
- 3) *livelli essenziali delle prestazioni* (LEP), in termini di funzionamento e di servizio culturale da garantire in tutte le scuole del territorio nazionale, a prescindere dalle specifiche condizioni locali. Sono prescrittivi per la scuola e sottoposti a verifica interna ed esterna (mediante autovalutazione, controllo di gestione, valutazioni di sistema).

Siamo fiduciosi che i materiali messi a disposizione nei 16 volumi della 'collana' dei gruppi di ricerca operanti in Emilia-Romagna (circa 2.000 pagine a stampa<sup>1</sup>) possano rappresentare uno stimolo per far crescere la partecipazione e la professionalità degli operatori scolastici.

Ma la risposta, ora, appartiene solo ai lettori.

---

<sup>1</sup> Altri materiali saranno disponibili in rete sul sito *web*: <http://85.18.135.22/gruppiricerca/>, non aperto al pubblico alla data di pubblicazione del volume.

Collana 'Quaderni dei Gruppi di ricerca USR e IRRE Emilia-Romagna'

*Piano della collana (2007)*

N.	Titolo
1	Arte
2	Attività motorie
3	Geografia
4	Lingua italiana
5	Lingue straniere
6	Matematica
7	Musica
8	Scienze
9	Storia
10	Tecnologia
11	Funzioni tutoriali
12	Unità di apprendimento
13	Idea di persona
14	Laboratori
15	Personalizzazione
16	Portfolio

I volumi della Collana sono pubblicati dalla Casa editrice Tecnodid di Napoli.

Una copia dei testi è inviata gratuitamente a tutte le istituzioni scolastiche della regione Emilia-Romagna. Altre copie possono essere richieste alla casa editrice al prezzo indicato in copertina.

Ufficio Scolastico Regionale per l'Emilia-Romagna  
Piazza XX Settembre, 1 - 40121 Bologna - Tel. 051 4215711  
E-mail: [direzione-emiliaromagna@istruzione.it](mailto:direzione-emiliaromagna@istruzione.it)  
Sito web: [www.istruzioneer.it](http://www.istruzioneer.it)

Direttore Generale: Luigi Catalano  
Ufficio V - Formazione, autonomia e iniziative editoriali  
Dirigente: Giancarlo Cerini

Per informazioni relative alla distribuzione dei volumi: Anna Monti - Tel. 051 4215733  
E-mail: [anna.monti@istruzione.it](mailto:anna.monti@istruzione.it)