

TEMA

# Matematica ed informatica: costruire le basi di una nuova didattica

**Carmela Palumbo<sup>1</sup>, Rodolfo Zich<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Direttore Generale Ordinamenti Scolastici MIUR

<sup>2</sup>Presidente AICA

[carmela.palumbo@istruzione.it](mailto:carmela.palumbo@istruzione.it), [rodolfo.zich@torinowireless.it](mailto:rodolfo.zich@torinowireless.it)



*Risolvere problemi significa trovare una strada per uscire da una difficoltà, una strada per aggirare un ostacolo, per raggiungere uno scopo che non sia immediatamente raggiungibile. Risolvere problemi è un'impresa specifica dell'intelligenza e l'intelligenza è il dono specifico del genere umano. Si può considerare il risolvere problemi come l'attività più caratteristica del genere umano.*  
(G. Polya)

La **qualità del capitale umano** costituisce un nodo fondamentale intorno al quale finiscono per ruotare anche le questioni della uscita dalla crisi e della ripresa della crescita: affrontare oggi tale nodo è cruciale e richiede un forte impegno sul processo di formazione di questo capitale umano.

Il mondo del lavoro è in continua e radicale trasformazione: spariscono

professioni secolari, nascono nuove occupazioni ma soprattutto cambia il profilo culturale degli occupati.

Assistiamo all'inarrestabile espansione e diffusione della conoscenza, supportata dalla crescita e dalla pervasività delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione digitale (ICT), che ridisegna l'intero processo di sviluppo sociale ed economico investendo il rapporto tra formazione, sviluppo territoriale, mercato del lavoro e dimensione istituzionale.

La trasformazione trascende storiche costrizioni geografiche, etniche e culturali per esprimersi nell'ambito dei domini sistemici ove la capacità di accedere, interpretare, intercettare, gestire conoscenza diventa il paradigma fondamentale che connota la qualità del contesto sociale e i livelli di competitività delle strutture e dei territori.

Il **sistema istruzione e formazione** è al centro di pressanti richieste, spesso contraddittorie, che promanano da una società in rapida e profonda evoluzione, sempre più complessa e incerta sul proprio futuro. L'efficacia del sistema assume una rinnovata centralità e propone l'urgente necessità di azioni ed interventi indirizzati a superare i limiti che oggi appaiono frenare il dispiegamento di tutte le potenzialità che può offrire nel cammino verso una piena affermazione della società della conoscenza.

Le considerazioni che seguono riguardano nello specifico l'Istruzione Superiore di secondo grado che è oggi attraversata da un processo di riforma che apre importanti opportunità per affrontare criticità, antiche e più recenti.

Tra le criticità antiche possiamo annoverare:

- la debolezza nella preparazione ad affrontare problemi in termini quantitativi;
- la natura quasi esclusivamente disciplinare dell'impianto formativo;
- la larga prevalenza di un approccio didattico a discendere dal generale (teoria) al particolare (applicazioni, troppo spesso confinate in un ruolo ancillare);
- la correlazione lasca tra la formazione scolastica e le culture del mondo del lavoro.

Tra quelle più recenti:

- il ritardo dell'impatto delle ICT nei contenuti e nell'organizzazione delle attività formative.

Quest'ultima questione è singolare: le ICT, nella loro valenza abilitante dell'innovazione, stanno cambiando profondamente processi e servizi, la vita del cittadino e il modo di lavorare delle persone; per contro, hanno sinora avuto un ruolo alquanto marginale nello sviluppo della scuola, pur a fronte di investimenti, anche significativi, sul piano strutturale (come ad esempio la creazione di laboratori informatici e l'introduzione su larga scala delle LIM) e di numerose sperimentazioni didattiche anche importanti.

Peraltro oggi siamo di fronte ad almeno due fattori di discontinuità radicale che prefigurano scenari molto interessanti.

Il primo concerne l'ingresso nelle aule dei nativi digitali, portatori di una notevole conoscenza implicita degli strumenti, dei prodotti informatici e delle metodologie di accesso all'informazione.

Il secondo è l'affermarsi di scenari tecnologici basati su connettività crescente, sulla vertiginosa diffusione di dispositivi portatili con prestazioni in crescita continua, sulla disponibilità, libera o a basso costo, di applicazioni di elaborazione dati sempre più sofisticate, sulla disponibilità di potenti piattaforme di interazione tra utenti che permettono una profonda riconcettualizzazione del rapporto discente/docente e della organizzazione didattica nel suo complesso.

Questo è il contesto in cui nasce il progetto "**Problem Posing & Solving 100**" (**PP&S100**), promosso dalla Direzione generale degli ordinamenti scolastici del MIUR e partecipato da AICA, CNR, Confindustria, Università di Torino, Politecnico di Torino.

Il progetto, culturalmente incentrato sul "problem solving", intende concorrere a concretizzare il cambiamento a livello normativo con il passaggio dai "programmi ministeriali d'insegnamento" alle Indicazioni Nazionali per i Licei e alle Linee Guida per gli Istituti Tecnici e Professionali. Tale cambiamento, giocando anche sulle discontinuità nello scenario ICT, deve essere indirizzato a superare o quantomeno a mitigare significativamente le criticità che sono state evidenziate.

Il progetto si sviluppa sulla consapevolezza che è oggi possibile integrare l'attuale organizzazione disciplinare con azioni coordinate che permettano di:

- valorizzare la **dimensione trasversale della conoscenza** ovvero quella *inter/transdisciplinare*;
- abituare i soggetti, da un lato, ad acquisire/sviluppare conoscenza

a **partire dal "problema"** e dall'altro a maturare negli stessi la capacità di utilizzare/integrare le conoscenze disciplinari per individuare, formulare, formalizzare, rappresentare, simulare, analizzare il **problema** pervenendo ad identificare e a discutere le possibili soluzioni (**Problem Posing & Solving**).

La motivazione principale che spinge verso questi obiettivi è che, nella vita reale, nell'attività lavorativa e persino nel più generale vivere quotidiano, ci si deve confrontare con problemi in genere complessi e di natura interdisciplinare. Tendenza in rapida crescita, sostenuta anche dall'evoluzione della ricerca in cui gran parte della conoscenza si costruisce oggi proprio sulla dimensione trasversale a partire dai problemi così come posti dalla domanda sociale (ambiente, salute, mobilità, sicurezza, ecc).

Al raggiungimento di questi obiettivi è finalizzato il processo che il Progetto **PP&S100** sta avviando secondo 5 linee fondamentali:

1. **Rafforzare la cultura informatica nella formazione** anche nella sua **dimensione disciplinare**, sia attivando corsi di informatica nel primo biennio laddove l'insegnamento non è presente, sia rivisitando i contenuti formativi laddove l'informatica è presente in una logica troppo strumentale.
2. Affermare una cultura diffusa della **gestione della conoscenza** valorizzando l'uso dell'informatica nell'insegnamento delle altre discipline, sia tecnico-scientifiche che umanistiche.
3. **Sviluppare una adeguata cultura Problem Solving (PS)**, in primis realizzando un **segmento formativo di base (modulo PS)** in cui vengano integrate **logica, matematica ed informatica** e, a seguire, organizzando **una attività sistematica – almeno in un dominio applicativo o in un contesto disciplinare** – che utilizzi strumenti logico-matematico-informatici nella formalizzazione, quantificazione, simulazione ed analisi di problemi di adeguata complessità.
4. **Adottare una quota significativa di attività in rete** con azioni di erogazione didattica, tutoraggio, autovalutazione, per costituire, a tendere, una comunità di pratica docenti/discenti e per familiarizzare i soggetti in formazione a modalità di attività più vicine a quelle che sempre di più si impongono non solo nel mondo del lavoro.
5. **Assicurare una crescita adeguata della cultura informatica della docenza** chiamata ad un ruolo protagonista nel processo di trasformazione.

Per ciò che concerne il primo punto si deve sottolineare come l'**informatica** si ponga oggi come **scienza** con un **profilo identitario** unico fortemente caratterizzato dalla trasversalità della sua essenza che è parte del suo potere semantico, unificante nella capacità di descrivere sistemi complessi, indipendentemente dai domini di riferimento propri degli ambiti fenomenologici.

Inoltre deve essere osservato che **le abilità e le propensioni di cui sono portatori i nativi digitali** rappresentano certamente un **valore** che però non garantisce, di per sé, né l'acquisizione di una cultura informatica strutturata, né un impatto significativo nel processo di formazione; rappresentano un valore in quanto creano un contesto ricettivo e stimolante, sul quale però è necessario investire con un **insegnamento attento alle componenti fondanti dell'informatica**, che investa unitariamente logica, informazione, linguaggi, elaboratori, comunicazioni, rete e che sviluppi nei soggetti in formazione un insieme di abilità a partire dalla capacità di utilizzare ambienti di calcolo evoluto (**ACE**) e ambienti di sviluppo per applicazioni e simulazioni. Per ambiente di calcolo evoluto si intende un sistema software che integri funzionalità di calcolo scientifico e tecnico, numerico e simbolico, e in grado di visualizzare e rappresentare oggetti in 2 e 3 dimensioni.

Per lo sviluppo della cultura **problem solving** è necessario attivare un insieme di azioni coordinate che interessano tutto il percorso formativo.

E' rilevante prevedere presso ogni scuola un **Laboratorio PS** concepito in ottica interdisciplinare in cui operino insieme docenti di Informatica, Matematica e di domini specifici (Fisica, Chimica, ...). Il Laboratorio è **inteso più nella sua dimensione/soggettività didattica che non come spazio fisico ad hoc**: sicuramente i laboratori di informatica, già presenti in molte scuole, sono ottime collocazioni, ma anche un'aula convenzionale può ospitare le attività PS, a condizione che vi sia connettività e una adeguata disponibilità di calcolatori (pc fissi o portatili, tablet, iPhone, ...).

Sul piano delle attività, il **modulo PS** è il punto di partenza del percorso e ne costituisce la base conoscitiva fondante: deve essere costruito sulla convergenza di Matematica ed Informatica, convergenza che chiama in causa la logica, peraltro da sempre nei fondamenti dell'una e dell'altra

disciplina. Metabolizzate le basi, lo sviluppo della cultura PP&S richiede di strutturare un percorso specifico in un dominio applicativo o in un ambito disciplinare che:

- parta dalla scelta di una situazione problematica e dalla sua analisi in relazione al contesto e alle conoscenze del discente;
- individui preliminarmente i fattori quali/quantitativi che emergano come rilevanti rispetto all'oggetto;
- formalizzi il problema in termini quantitativi e lo rappresenti in un apposito ambiente di calcolo;
- generi, rappresenti e valuti possibili soluzioni o casi di studio;
- ritorni eventualmente alla fase di formalizzazione per rivisitazioni conseguenti ai risultati che si stanno configurando;
- concluda il processo con una analisi e discussione dei risultati assumibili come finali in relazione alle aspettative di soluzione del problema.

E' importante sottolineare che se è rilevante un approccio che in termini complementari introduca diffusamente una didattica per problemi, non è affatto necessario che l'approccio PP&S venga forzato su ogni disciplina: **la cultura PP&S è una cultura metodologica che una volta ben sperimentata e maturata in uno o più contesti, diventa patrimonio del discente, che può tranquillamente applicare e valorizzare in domini diversi.**

In tutto il percorso PP&S deve essere sottolineata **la centralità del rapporto matematica/informatica.**

Il legame molto stretto fra le due discipline in questi ultimi decenni è stato decisamente rafforzato dalla nascita di numerosi ambienti di calcolo evoluto (ACE) per opera proprio di gruppi di matematici e informatici che collaborano da sempre a stretto contatto nell'ambito della ricerca pura e applicata. Il fiorire di questi sistemi di calcolo simbolico e numerico è stato la reazione attenta e pronta dell'informatica alle necessità, emerse in varie aree, della matematica come il bisogno di trattare ed elaborare una grande quantità di dati, numerici e non, l'esigenza di manipolare espressioni simboliche e il desiderio di visualizzare facilmente scene in due e tre dimensioni.

Si può evidenziare come da un lato l'informatica sia cresciuta e sviluppata nell'elaborare adeguate risposte agli stimoli della matematica e dall'altro quanto questi ambienti hanno consentito sia un insegnamento

della matematica più stimolante, più efficiente, più interattivo sia una ricerca di esempi/controesempi molto utili nella ricerca. Il loro utilizzo a supporto dei processi di insegnamento/apprendimento ha permesso lo sviluppo di abilità cognitive che favoriscono l'assimilazione dei concetti. Gli ACE sono infatti caratterizzati da un legame immediato tra analisi, simulazione e rappresentazione con un impatto didattico rilevante. Inoltre rendono diretto procedere secondo gradi di complessità crescente portando i discenti a maturare confidenza sulla capacità di misurarsi con problemi inaccessibili nel passato.

Visualizzazione immediata ed interattività arricchiscono la capacità di metabolizzare ed organizzare la conoscenza. Nel *problem posing and solving* spesso la formulazione di un problema e la costruzione del modello matematico che lo descrive si traducono nella ricerca di un procedimento di risoluzione computazionale che prevede la scrittura di un algoritmo e la sua implementazione. In questa logica la mutua e feconda interazione tra informatica e matematica diventa oltre che efficace essenziale. In alcuni degli ACE oggi a disposizione recentemente è anche stato sviluppato un sistema di (auto-)valutazione automatico dell'apprendimento molto utile sia per l'insegnante che vuole verificare gli obiettivi raggiunti con i suoi alunni sia per lo studente che vuole appurare e migliorare la sua preparazione.

La sostanziale "indifferenza" del rapporto tra rappresentazione (informatica) e valutazione quantitativa (matematica) rispetto al dominio applicativo o disciplinare in esame, fa della pervasività dell'informatica anche uno strumento di pervasività della matematica, favorendo lo sviluppo di una capacità di ragionare in termini quantitativi.

Di converso la matematica offre innumerevoli spunti per far muovere ai discenti i primi passi sul cammino del *problem solving*. Con un'avvertenza: la matematica da sempre tratta problemi, ma il problema matematico, come siamo abituati a vederlo proposto, è sostanzialmente occasione per mettere alla prova, verificare la capacità dei soggetti ad applicare elementi di conoscenza: è necessaria una rivisitazione che ridia valore al problema in quanto tale, per esempio riconsiderando alcuni problemi storici ( $\pi$ , prede e predatori, Achille e la tartaruga, coniche e gravitazione, ...).

**Il progetto PP&S non è un progetto tecnologico: usa le tecnologie per una intensa attività tutta giocata sul metodo e sui contenuti.**

Di seguito si presenta schematicamente l'architettura del progetto nella sua **dimensione nazionale** e in quella **locale** delle singole scuole.

La caratteristica fondamentale del progetto è lo svolgimento della attività di formazione in un "Ambiente di Apprendimento" (**AA**) costituito dall'integrazione di un ACE con una piattaforma di erogazione/ gestione/ condivisione didattica. Fondamentale è quindi la **connettività** che peraltro è oggi ragionevolmente diffusa e sufficiente per l'operatività del progetto, fatta salva la necessità di qualche potenziamento locale. Sono ovviamente possibili un certo numero di opzioni per l'AA e le scuole possono adottare scelte autonome (**AAL**, Ambiente di Apprendimento Locale).

L'innovatività dell'AA richiede un'intensa azione di accompagnamento al decollo delle attività nelle diverse scuole, un tutoraggio (on-line e differito), un supporto tecnico. Si prevede la costruzione di un repository del materiale via via prodotto al fine di renderlo disponibile a tutti i partecipanti al progetto ed, eventualmente, a tutti i Docenti interessati. A livello nazionale è stata creata una piattaforma integrata che costituisce l'**ambiente di dimostrazione, proposizione e tutoraggio** in seguito definito come Ambiente di Apprendimento di Riferimento (**AAR**).

Per **AAR** è stata scelta l'integrazione **Piattaforma Moodle e Suite Maple**, sviluppata e utilizzata con successo da alcuni anni dalla Facoltà di Scienze MFN della Università di Torino con una significativa base di utilizzatori (5.000 studenti, 250 docenti).

I principali motivi che hanno portato a questa scelta sono i seguenti:

- Moodle è *open source* ed è oggi la piattaforma più efficiente di gestione/condivisione di contenuti e di attività quale la didattica prefigurata nel progetto. Ha ampia diffusione in vari contesti ed è già utilizzata in diverse scuole.
- Maple è un ambiente di calcolo scientifico, tra i leader, fortemente orientato alla didattica, con un ottimo manipolatore simbolico, con costi di licenza molto contenuti.
- L'integrazione Moodle/Suite Maple (Maple, MapleNet, MapleTA) ha oggi caratteristiche uniche. Nello specifico permette la distribuzione e l'esecuzione in remoto di fogli di lavoro interattivi (senza la necessità di avere una copia del programma sul proprio computer), la somministrazione in classe e a distanza di test e verifiche di (auto) valutazione a risposta aperta: il motore matematico consente la correzione automatica delle risposte.

- Unicità dell'approccio nello svolgimento di un efficace tutoraggio a distanza (particolarmente utile in caso di studenti stranieri e/o diversamente abili).
- Diretta utilizzabilità, nella fase di lancio del progetto, dell'AA dell'Università di Torino e della consolidata esperienza, ivi maturata, per tutoraggio e assistenza.

Le scuole che adottano altre scelte di AA devono prevedere la gestione diretta del congiunto ACE/Piattaforma; possono ovviamente usufruire di tutto il materiale e di tutte le attività a livello nazionale, ma non possono contare sulle azioni di tutoraggio e assistenza.

In sintesi, la dimensione nazionale del progetto ha le responsabilità d'indirizzamento e presidio, con particolare riferimento all'obiettivo di costruire progressivamente una **comunità di pratica**, esaltando il contributo che l'interazione costante tra tutti gli attori fornisce all'elaborazione della conoscenza e quindi alla metabolizzazione della stessa. Il modello è quello fornito da internet e dalle reti sociali che hanno mostrato negli ultimi anni di contribuire con efficacia alla costruzione del capitale conoscitivo in cui ciascun attore diventa espressione del paradigma "produttore-consumatore" di conoscenza. L'idea di base che esso adotta è ricreare il contesto di classe (aula) in rete, mettendo a disposizione Forum di discussione in cui si può intervenire ponendo delle domande e/o dando delle risposte. Il docente assume anche il compito di supervisore, rispondendo ai quesiti irrisolti o correggendo risposte di altri. In base alle discussioni e agli errori riscontrati, è possibile capire quali informazioni siano state effettivamente apprese e quali siano i punti più critici cui dedicare ulteriori approfondimenti e spiegazioni.

Sin dall'inizio del progetto, sulla piattaforma dedicata (<http://minerva.i-learn.unito.it>) sono stati resi disponibili molti contenuti e sono stati attivati differenti forum tematici sia sui contenuti dei percorsi didattici, sia sulle modalità della loro costruzione.

Le singole scuole che già utilizzano Moodle, o sono intenzionate a installarlo, possono utilizzare liberamente i moduli d'integrazione con la suite Maple e possono ottenere le stesse condizioni economiche per le licenze applicate alle scuole partecipanti al progetto.

Il progetto nella sua fase iniziale valuterà anche il tipo di architettura complessiva che dovrà essere implementato allorché l'iniziativa venga portata a sistema: nello specifico verrà concluso uno studio di fattibilità

che **ipotizza una distribuzione su una rete di poli territoriali** (regionali o macro-regionali) delle funzioni e dell'infrastruttura hardware/software operante nella prima fase dall'Università degli Studi di Torino.

Nel concludere si sottolineano due macro risultati che il progetto può e deve conseguire.

Il primo è la costruzione nella scuola di una **cultura informatica** (Docenti, Struttura, Discenti) **più matura e adattativa**:

- *più matura*, in termini di sviluppo delle abilità necessarie per l'utilizzo di ambienti di calcolo evoluti e per la gestione di attività didattiche in rete con grandi numeri di utenti;
- *più adattativa*, per sviluppare prontezza nel valorizzare gli inevitabili cambiamenti tecnologici che si succederanno.

Il secondo è **maggiore correlazione della formazione conseguita al mondo del lavoro** derivante dalla maggiore maturità della preparazione informatica, dalla significativa componente interdisciplinare, dalla aumentata capacità a pensare in termini quantitativi, dall'attitudine a ragionare per problemi ed a lavorare in rete con logiche cooperative.

Su questo tema occorre sottolineare che la qualità del progetto si misura anche dalla realizzazione di una più stretta collaborazione con il mondo dell'impresa per individuare e diffondere *best practices* su esempi di problem solving maturati in azienda e per individuare una ipotesi di **certificazione PS** che dia visibilità ad una preparazione conseguita ritenibile particolarmente qualificante per il mondo del lavoro.