

Costruire e gestire ambienti di apprendimento che integrano strumenti tecnologici: analisi di un caso di studio

**Bottino R. M., Robotti E.
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto per le Tecnologie Didattiche
Genova**

Abstract

L'articolo presenta e discute i risultati emersi dalla prima sperimentazione di un corso orientato alla promozione e allo sviluppo di competenze nel problem solving aritmetico in alunni del secondo ciclo della scuola primaria. Il corso è stato costruito secondo tecniche di e-learning utilizzando gli strumenti del sistema ARI@ITALES. Tali strumenti permettono di integrare in un corso attività di tipo costruttivo che vengono rese accessibili e utilizzabili attraverso la rete internet. Con questo lavoro si voleva analizzare come un corso del tipo proposto potesse essere utile per l'insegnante nella progettazione e nella gestione dell'attività di classe e valutare l'efficacia del corso e degli strumenti utilizzati nel guidare gli allievi alla costruzione di competenze matematiche.

Introduzione

Obiettivo dell'articolo è quello di presentare e discutere i risultati emersi dalla prima sperimentazione di un corso on-line realizzato per promuovere lo sviluppo di competenze nel problem solving aritmetico in alunni del secondo ciclo della scuola primaria.

Il nostro gruppo di ricerca è impegnato da anni nella progettazione e sperimentazione di software per l'educazione matematica nella scuola dell'obbligo. In particolare, abbiamo realizzato il progetto ARI-LAB (Bottino e Chiappini, 1999) per promuovere capacità di risoluzione di problemi aritmetici in alunni della scuola primaria e secondaria inferiore. ARI-LAB è un sistema aperto multi-ambiente, basato su principi di tipo costruttivo. Le numerose esperienze realizzate con tale sistema hanno messo in luce che il problema principale nell'utilizzo effettivo in classe di software di questo tipo è quello che il loro uso richiede un'attenta progettazione delle attività da svolgere. Questo tipo di progettazione, per essere efficace nel guidare gli allievi alla costruzione di concetti e di significati e alla loro condivisione in classe, richiede molto lavoro all'insegnante. Tale lavoro dovrebbe basarsi su un'adesione ai principi epistemologici e pedagogici alla base degli ambienti software utilizzati e su un'approfondita esperienza didattica che consenta di mettere a punto pratiche efficaci ispirate a tali principi.

L'integrazione nella pratica scolastica di uno strumento tecnologico richiede anche una modifica organizzativa e gestionale del lavoro in aula che spesso, per il singolo insegnante, è difficile da attuare e gestire in modo efficace.

In altre parole, quando si progetta un ambiente che sia significativo per l'apprendimento, il software che viene utilizzato è solo una delle componenti. Importanza non meno fondamentale rivestono le attività nel cui ambito viene integrato il software, il modo in cui questa attività evolve, le interazioni sociali che si sviluppano durante il suo svolgimento e l'organizzazione complessiva del lavoro. Emerge, quindi, il ruolo fondamentale assunto dal contesto nella costruzione di ambienti di apprendimento efficaci e la necessità di studiare l'influenza degli aspetti contestuali sulla comprensione dei concetti e sulla costruzione dei significati (vedi Bottino e Chiappini, 2002).

Le precedenti considerazioni ci hanno portato a studiare strumenti e metodi che potessero essere di aiuto all'insegnante nel realizzare ambienti per l'apprendimento di concetti matematici in cui fosse integrato l'uso di strumenti tecnologici. Tale lavoro si è concretizzato attraverso la partecipazione del nostro gruppo al progetto europeo ITALES. Nell'ambito di tale progetto abbiamo sviluppato e sperimentato il sistema ARI@ITALES, un insieme di strumenti autore che consentono la realizzazione e la fruizione di corsi di matematica che possono essere resi disponibili per mezzo di un server Web sulla rete Internet. Nel seguito descriveremo brevemente gli strumenti di ARI@ITALES e un corso on-line per lo sviluppo di competenze nel problem solving aritmetico che è stato realizzato con tali strumenti. Discuteremo, quindi, alcuni dei risultati della prima sperimentazione di tale corso che è stata svolta nel 2004 in una classe di quarta elementare.

Un sistema per lo sviluppo e la fruizione di corsi on line

Che cos'è il sistema ARI@ITALES

Il sistema ARI@ITALES è stato sviluppato dal nostro gruppo di ricerca per il progetto europeo **ITALES** (IST-2000-26356). Tale progetto è stato co-finanziato dalla Comunità Europea nell'ambito del V Programma Quadro, attraverso la linea di azione "La scuola del futuro". Uno degli obiettivi del progetto (<http://www.ital.es.ltsotland.org.uk>) era lo sviluppo di strumenti autore innovativi che permettessero agli insegnanti di costruire contenuti e attività per l'apprendimento personalizzato fruibili attraverso la rete. Il progetto mirava alla costruzione di una piattaforma basata sul web attraverso cui fosse possibile accedere a questi strumenti, costruire corsi on-line, condividere contenuti e corsi già sviluppati, comunicare e collaborare con altri utenti. La piattaforma è stata costruita in modo tale che potesse essere accessibile sia dagli studenti sia dagli insegnanti per mezzo di un'interfaccia accattivante basata tecnologia 3D per la realtà virtuale. Il nostro lavoro in ITALES ha preso avvio dal progetto ARI-LAB che è stato un progetto di lungo periodo inerente lo sviluppo di un sistema aperto multi-ambiente per il problem solving aritmetico per alunni della scuola dell'obbligo. Tale sistema si è evoluto nel tempo attraverso versioni successive realizzate anche sulla base dei risultati sperimentali che progressivamente si ottenevano. Si veda, ad esempio, il lavoro (Bottino, Chiappini, 1997) dove sono analizzati gli aspetti teorici di riferimento al lavoro ed alcuni risultati derivanti dalla sperimentazione della prima versione del sistema in classi di scuola elementare. Nell'ambito del progetto ITALES il software ARI-LAB è stato completamente ri-progettato,

sia come interfaccia, sia come ambienti che vi si sono integrati. Il risultato finale sono stati il sistema **ARI-LAB-2**, versione stand-alone che funziona in rete locale (Bottino e Chiappini, 2003), ed il sistema **ARI@ITALES**, un insieme di strumenti autore per la costruzione e la fruizione di corsi on-line.

ARI@ITALES permette un approccio innovativo all'e-learning nelle classi, integrando l'approccio costruttivista basato sull'esplorazione di proprietà matematiche e sulla soluzione di problemi (attività in micromondi) con la filosofia dei learning object (produzione di risorse didattiche digitali usabili, ad esempio, per la realizzazione di corsi in rete strutturati). ARI@ITALES offre una serie di strumenti per la preparazione di risorse didattiche (learning objects) che possono essere usate per attività di e-learning nell'ambito dell'insegnamento della matematica nella scuola di base. I learning object che vengono realizzati con ARI@ITALES sono "oggetti" interattivi con cui l'utente può interagire per svolgere le attività proposte in un corso.

Il termine e-learning si usa qui non tanto per indicare una particolare modalità erogativa, ma piuttosto per indicare un'evoluzione dell'organizzazione educativa che supporta nuovi processi di insegnamento ed apprendimento attraverso una valorizzazione delle risorse sociali e tecnologie (Alvino e Sarti, 2004).

L'approccio all'e-learning basato su learning objects viene di solito interpretato come lo sviluppo di modelli e sistemi che consentono la riusabilità, la portabilità e l'accessibilità dei materiali didattici, intesi come un insieme eterogeneo di documenti, immagini, applicazioni software, sequenze video e loro aggregati, che possono essere utilizzati (e riutilizzati) per costruire corsi (e/o segmenti didattici) di supporto ai processi di apprendimento (Koper, 2001). Spesso tuttavia i corsi che vengono progettati seguendo questa filosofia fanno riferimento ad una visione piuttosto limitata dell'apprendimento e basata sostanzialmente su un approccio di tipo trasmissivo: si comunica l'informazione in modo strutturato, si propongono esercizi di applicazione, si controlla ciò che lo studente ha recepito. Questa impostazione è spesso insufficiente a fornire una risposta adeguata a molte esigenze educative, specie nelle situazioni in cui si voglia far sviluppare agli studenti abilità di pensiero critico, capacità di problem solving in domini articolati e complessi, capacità di comunicazione e rielaborazione. Lo sviluppo di tali competenze richiede di fare ricorso ad ambienti di apprendimento che consentano di sviluppare attività di tipo costruttivo e sociale, anche attraverso l'uso di tecnologia opportunamente progettata.

Con ARI@ITALES abbiamo affrontato il problema di come rendere fruibili, nella progettazione di un corso, attività di tipo costruttivo che consentano all'allievo di avvicinarsi a concetti astratti e formali attraverso la manipolazione di rappresentazioni concrete, interagendo con altri utenti e con l'insegnante al fine di collaborare alla soluzione di un problema. In particolare, il corso oggetto di questo articolo propone attività di risoluzione di problemi aritmetici di struttura additiva e moltiplicativa in contesti concreti quali quello della compravendita, del calendario, della rappresentazione di dati reali.

Esso è forse uno dei primi esempi in Italia di corsi on-line realizzati e sperimentati a livello di scuola elementare. Di per se questa proposta potrebbe essere vista come una forzatura: bambini così piccoli già alle

prese con la rete e l'apprendimento strutturato? A questo interrogativo, sicuramente legittimo, vogliamo rispondere non con certezze ma con alcune riflessioni sull'ambito di validità e sui possibili vantaggi educativi di un progetto di questo tipo, ferma restando la necessità di situare e delimitare in modo opportuno l'esperienza.

Osserviamo che l'obiettivo del nostro lavoro non era in alcun modo quello di arrivare a forme di insegnamento a distanza o individuale ma che abbiamo progettato il corso con l'obiettivo che esso fosse gestito dall'insegnante nell'ambito dell'attività di classe.

L'ipotesi alla base del nostro lavoro è che un corso di questo tipo potesse essere uno strumento utile per l'insegnante per progettare ed organizzare l'attività didattica che integra l'uso delle tecnologie, per gestirla durante il suo svolgimento, per analizzarla ed, eventualmente riprodurla in modo flessibile in altre situazioni, dopo aver effettuato le opportune modifiche e integrazioni.

Gli strumenti di ARI@ITALES

Gli strumenti di ARI@ITALES permettono all'insegnante di progettare attività di risoluzione di problemi da inserire in corsi on-line e allo studente di svolgere tali attività avendo accesso ad ambienti di apprendimento basati su micromondi con marcate caratteristiche di interattività e multimedialità quali la sintesi vocale ed una vasta libreria di immagini manipolabili.

Gli strumenti attualmente disponibili con ARI@ITALES permettono, in particolare, di:

- costruire testi di problemi aritmetici (*Editore di Testo*);
- costruire soluzioni di problemi aritmetici (*Foglio Soluzione*), interagendo con dieci *Micromondi* che permettono di svolgere attività in diversi campi di esperienza;
- costruire simulazioni per spiegare concetti o mostrare il funzionamento di un micromondo (*Simulatore*);
- visualizzare una simulazione (*Player*).

L'*Editore di Testo* è usato per editare e salvare testi di problemi che possono essere successivamente inseriti in un corso. Quando si salva un testo di problema, l'editore di problemi inserisce automaticamente un comando che permette all'utente, nel momento in cui visualizza il testo in un corso, di poterlo risolvere accedendo al *Foglio Soluzione* e ai *Micromondi*. Questi vengono istanziati direttamente dal sistema a quello specifico testo.

Il *Foglio Soluzione* permette all'utente di costruire la soluzione di un problema (il cui testo compare in un apposito spazio del foglio) copiando le rappresentazioni prodotte nei micromondi e inserendo commenti per mezzo di una specifica funzione dell'interfaccia che di rifà alla metafora del "Post-it" (vedi figura 1).



Figura 1: Interfaccia del foglio soluzione con un esempio di soluzione.

In questo ambiente l'utente può incollare rappresentazioni costruite nei micromondi (in questo caso in Euro e in Abaco), può inserire commenti per mezzo di "post-it", può aggiungere pagine, stampare la soluzione costruita, cancellare il lavoro fatto. Dal Foglio Soluzione si può accedere ai micromondi, selezionando le icone visualizzate in alto a destra. Il foglio soluzione, così come tutti gli altri strumenti di ARI@ITALES, è disponibile in tre lingue comunitarie: l'italiano, l'inglese e lo spagnolo.

I *Micromondi* sono ambienti nei quali è possibile rappresentare e manipolare oggetti simbolici in una varietà di contesti concreti, significativi dal punto di vista matematico. I micromondi attualmente disponibili in ARI@ITALES sono: "Euro", "Calendario", "Abaco", "Costruzione di numeri", "Retta dei Numeri", "Grafici", "Foglio di Calcolo", "Operazioni", "Frazioni", "Manipolatore Aritmetico". Alcuni, come Euro e Calendario, sono stati progettati per modellare situazioni problematiche comuni nell'esperienza quotidiana, quali la compravendita o la misura del tempo. Altri sono stati progettati per affrontare situazioni problematiche anche più formali (Grafici, Foglio di Calcolo, ecc.). I micromondi permettono di realizzare azioni in relazione al problema da risolvere (ad esempio, rappresentare visivamente la situazione problematica, realizzare un passo risolutivo) e, in certi casi, di validare la strategia messa in atto.

Per esempio, per risolvere un problema di compravendita nel micromondo Euro, l'utente può generare monete o banconote del sistema monetario europeo, muoverle sullo schermo, cambiarle con altre di valore equivalente, ecc. Per imparare a contare con le monete, lo studente può accedere ad un sintetizzatore vocale che gli consente la validazione dell'attività di conta (sente pronunciare l'ammontare delle monete

selezionate). Il valore numerico si può poi rappresentare in modi diversi: sull'Abaco, sulla Retta dei Numeri, ecc., mettendo a confronto le diverse rappresentazioni. Nel micromondo Calendario, per risolvere un problema che richieda di contare giorni, o intervalli di giorni, l'utente può visualizzare un mese, segnare intervalli di giorni scegliendo la lunghezza dell'intervallo, passare ad un altro mese, ecc.

Il *Simulatore* è uno strumento usato dall'insegnante per creare animazioni con le quali, ad esempio, spiegare il funzionamento degli strumenti di ARI@ITALES o mostrare come risolvere uno specifico problema. In una simulazione è possibile mostrare una sequenza di azioni realizzate in uno o più micromondi e/o nel foglio soluzione e inserire liberamente commenti parlati. Il *Player* permette di visualizzare ed ascoltare (in una sorta di filmato) una simulazione precedentemente salvata e/o integrata in un corso.

Si osserva che gli strumenti di ARI@ITALES permettono di progettare attività di apprendimento per molti degli argomenti del curriculum di aritmetica, statistica e introduzione all'algebra della scuola dell'obbligo. Si veda, ad esempio, il lavoro (Chiappini et Al., 2004) che analizza l'uso di due micromondi di ARI@ITALES per l'introduzione ai numeri razionali in una prima media.

Il corso sul Problem Solving aritmetico

Due erano essenzialmente gli obiettivi che hanno orientato la progettazione e la realizzazione del corso: fornire strumenti computazionali utili per guidare gli allievi alla costruzione di competenze nel problem solving aritmetico; fornire una traccia strutturata, flessibile e ripetibile di percorso didattico per aiutare l'insegnante nell'organizzazione e nella gestione della pratica didattica in classe con tali strumenti.

Il corso è stato articolato in tre moduli ciascuno dei quali è stato progettato come supporto per lo sviluppo di competenze nella risoluzione di problemi aritmetici di struttura additiva e moltiplicativa in campi di esperienza specifici: Compravendita, Lavoro sul Tempo e Grafici. Il primo modulo riguarda problemi di compravendita e prevede che lo studente lavori nei Micromondi Euro e Abaco; il secondo modulo riguarda problemi sul calcolo di giorni e di intervalli di giorni e prevede che lo studente lavori nel Micromondo Calendario; il terzo modulo riguarda problemi legati alla rappresentazione grafica di dati raccolti in tabelle e il calcolo di alcuni parametri e prevede che lo studente lavori nel Micromondo Grafici e nel Micromondo Foglio di Calcolo.

Ciascun Modulo è articolato in diverse attività: Spiegazioni, Simulazioni, Test, Esempi di problemi risolti, Soluzioni da completare, Esercizi di consolidamento, Soluzione di problemi, Riepilogo di Concetti, ecc.

Tutte le attività di soluzione di problemi e gli esercizi devono essere svolti dall'allievo utilizzando il Foglio Soluzione e i Micromondi di ARI@ITALES. Nella parte iniziale di ogni modulo vengono introdotte le funzioni dei micromondi che poi dovranno essere usate per risolvere i problemi proposti. A questo scopo vengono utilizzate le simulazioni e gli esempi. I problemi risolti sono utilizzati per presentare una nuova strategia o, anche, per introdurre un nuovo concetto matematico o una sua applicazione. I test servono per verificare l'apprendimento di un

determinato concetto o procedura. Sono strutturati a scelta multipla e forniscono sostanzialmente due tipi di feedback: uno sulla correttezza della risposta e l'altro per offrire suggerimenti e/o rimandare allo svolgimento di attività che possano permettere all'allievo di comprendere il tipo di errore commesso e guidarlo progressivamente al suo superamento.

Nella parte finale di ogni modulo sono proposti problemi che richiedono agli alunni di applicare i concetti matematici acquisiti precedentemente. In generale, un problema ha una struttura più articolata rispetto ad un esercizio (è formulato con domande di difficoltà crescente, richiede più passaggi, ecc.). In molti casi vengono proposte più versioni del testo di un problema (con vari livelli di difficoltà) che si differenziano non tanto per le competenze matematiche in gioco quanto per le modalità con cui devono essere mobilitate nel processo di risoluzione.

Il corso è stato costruito usando l' LRN Editor di Microsoft LRN Toolkit 3.0. (<http://www.microsoft.com/learning/elearning.asp>).

In Figura 2 sono riportate le attività che compongono i tre moduli del corso sul problem solving aritmetico e la loro organizzazione generale.

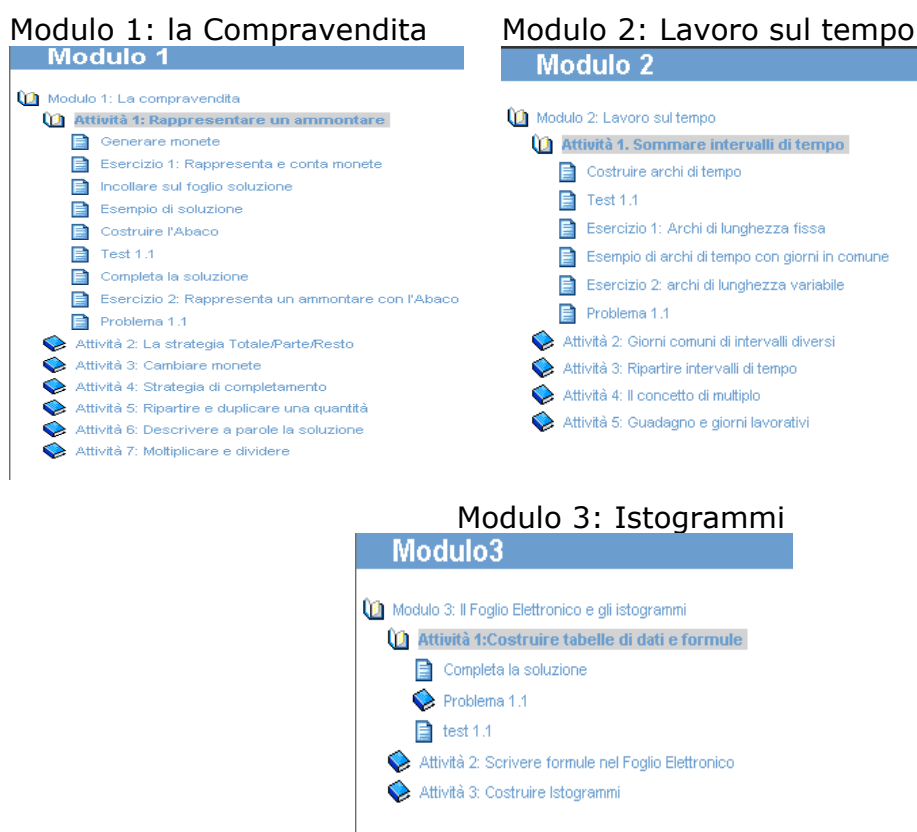


Figura 2: Le attività dei tre moduli che compongono il corso sul problem solving aritmetico

Dal punto di vista matematico, nel *Modulo 1*, vengono proposte attività per favorire lo sviluppo di diverse strategie di conta per mezzo della conta di gruppi di monete. Vengono anche proposte attività per sviluppare competenze nella rappresentazione di numeri decimali attraverso l'uso di valori monetari non interi e attraverso la rappresentazione e l'operatività sull'abaco. Si introducono poi concetti quali quello di composizione e scomposizione additiva attraverso problemi di equivalenza monetaria.

Vengono infine proposte attività per lo sviluppo di strategie di soluzione di problemi aritmetici di struttura additiva e moltiplicativa (totale/parte/resto, completamento, continenza, partizione) in un contesto di compravendita.

Le attività del *Modulo 2* sono state progettate per riprendere lo sviluppo di strategie di conta in situazioni diverse (conta di giorni e di intervalli di giorni) e per introdurre o approfondire in modo operativo concetti quali quelli di multiplo, di minimo comune multiplo (introdotto come intervallo multiplo di due o più intervalli) e di partizione (introdotto come ripartizione di un intervallo di tempo).

Nel *Modulo 3*, vengono introdotti vari concetti relativi alla rappresentazione di dati attraverso tabelle ed istogrammi e il calcolo di alcuni parametri quali la Moda, la Media Aritmetica e la Mediana. Il Foglio di Calcolo viene introdotto in modo da favorire una riflessione sulle formule che si possono usare in questo ambiente e sulle possibili generalizzazioni che esse consentono rispetto alle formule aritmetiche fino a quel momento conosciute ed usate.

Il corso è stato strutturato in maniera che ogni studente potesse seguire l'intero percorso didattico in modo indipendente, sia per rispettare i tempi d'apprendimento di ciascuno sia per superare i problemi dovuti ad eventuali assenze. Si evitano così le difficoltà di gestione della classe legate alla necessità di rendere uniforme in ogni lezione il livello di conoscenza degli alunni della classe.

Tutti i moduli del corso sono stati progettati ed organizzati in collaborazione con i due insegnanti che lo hanno poi sperimentato. Le attività sono state progettate sulla base del lavoro svolto normalmente in classe dagli insegnanti e sulla base dell'esperienza maturata con il software ARI-LAB.

Un riferimento importante per la progettazione del corso è stato il lavoro svolto nell'ambito del progetto SET (Progetto Speciale per l'Educazione Scientifica e Tecnologica finanziato dal MIUR). In tale progetto sono state realizzate unità didattiche, commentate con indicazioni pedagogiche, che utilizzavano il sistema ARI-LAB in attività di modellizzazione e formalizzazione matematica per la scuola dell'obbligo. Il sito http://www5.indire.it:8080/learning_risorse/Castelletto/set/index.asp raccoglie tali unità didattiche. Esse sono presentate in forma statica poiché, all'epoca, non erano ancora stati sviluppati gli strumenti di ARI@ITALES.

Sperimentazione in classe

Metodologia

Il corso è stato sperimentato in una classe quarta a tempo pieno della scuola elementare M. Mazzini di Genova (insegnanti: Roberto Carpaneto e Anna Machello).

La sperimentazione è avvenuta nel laboratorio informatico della scuola. Tale laboratorio era dotato di 12 PC e di connessioni internet. La classe era composta di 20 alunni, di cui quattro seguiti dall'insegnante di sostegno. La sperimentazione è stata realizzata dividendo gli alunni in due gruppi di 10 alunni ciascuno che, a turno, ogni settimana, svolgevano una sessione di lavoro in laboratorio di due ore l'una. I due gruppi sono stati

scelti dagli insegnanti in modo da includere allievi con capacità diverse in numero più o meno equivalente. Il corso è stato progettato per coprire un totale di circa 22 ore per ciascun gruppo di allievi. La sperimentazione è iniziata nel febbraio 2004 e si è conclusa nel maggio 2004.

La sperimentazione in laboratorio si è svolta in orario scolastico, ha coperto una parte del curriculum di matematica della classe, ed è sempre stata seguita dagli insegnanti di classe (a turno). Elisabetta Robotti ha partecipato attivamente a tutte le sessioni di lavoro, collaborando con gli insegnanti e raccogliendo i dati per la loro valutazione. L'insegnante di sostegno ha partecipato alla sperimentazione affiancando nel lavoro i bambini a lei affidati. Il lavoro svolto in laboratorio veniva usualmente ripreso dagli insegnanti durante le lezioni in classe attraverso discussioni con gli alunni e momenti di rielaborazione e sintesi.

In generale, l'attività didattica si è svolta secondo le modalità seguenti: il gruppo di turno si spostava dall'aula al laboratorio informatico dove i computer erano stati già accesi e predisposti per il lavoro sul corso. Ciascun alunno aveva a disposizione un PC e cominciava il lavoro a partire dal punto in cui si era fermato alla fine della sessione precedente.

Per problemi tecnici legati alla messa a punto della piattaforma ITALES che, al momento della realizzazione dell'esperienza, non era ancora completata, il corso è stato scaricato e utilizzato poi locale. Per questo motivo non è stato possibile utilizzare la comunicazione on-line fra alunni e fra alunni e insegnante che era una delle funzionalità previste dalla piattaforma. La sperimentazione, quindi, da questo punto di vista, non è stata completa. L'analisi delle opportunità che questo tipo di comunicazione avrebbe potuto fornire nel progettare attività significative per l'apprendimento matematico è stata rinviata a sperimentazioni successive. Naturalmente, l'interazione off-line fra i diversi utenti ha giocato un ruolo rilevante nel lavoro.

Al termine della sperimentazione tutti gli alunni, eccetto quelli seguiti dall'insegnante di sostegno, avevano completato i primi due moduli del corso. Gli altri non avevano completato le ultime due o tre attività del Modulo 2 per motivi di tempo o di assenze ripetute,

Sempre per motivi di tempo, pochi alunni hanno affrontato il modulo 3. Per questo motivo, le schede valutative ed i dati raccolti, che sono presentati nel seguito, omettono le voci relative a questo modulo.

Raccolta dati

Come abbiamo già osservato, due erano gli obiettivi del nostro lavoro: verificare l'efficacia del corso e degli strumenti di ARI@ITALES come supporto per l'insegnante nella progettazione e nella gestione dell'attività di classe; verificare l'efficacia del corso on-line e degli strumenti di ARI@ITALES nel guidare gli allievi alla costruzione di competenze nel problem solving aritmetico.

Per verificare il grado di raggiungimento di questi obiettivi abbiamo fatto ricorso, oltre che all'osservazione diretta durante la sperimentazione e al confronto costante con gli insegnanti, anche a dati raccolti attraverso due diversi tipi di schede di valutazione che sono state compilate, per ogni alunno, alla fine di ogni sessione di laboratorio.

Il primo tipo di scheda è stato concepito essenzialmente per valutare l'efficacia dell'organizzazione e dell'articolazione del corso e delle sue componenti (Simulazioni, Esercizi, Problemi, Test, ecc.).

Il secondo tipo di scheda è stato progettato per valutare l'efficacia dell'uso di alcuni strumenti di ARI@ITALES (Micromondi, Foglio Soluzione) e di alcune delle loro funzionalità nello sviluppo delle competenze matematiche coinvolte nella soluzione di problemi aritmetici additivi e moltiplicativi. In Appendice (Tabelle 1 e 2) sono riportati i due tipi di scheda con un'elaborazione dei dati raccolti in diversi momenti della sperimentazione. Nelle schede di valutazione le osservazioni effettuate durante la sperimentazione sono state espresse attraverso tre parametri: "facilità d'uso", "impatto" e "efficacia". Questi parametri si riferiscono, nella prima scheda, alla struttura e alle componenti del corso e, nella seconda, alle funzioni degli strumenti di ARI@ITALES. A ciascun parametro è assegnato un punteggio numerico che esprime in modo sintetico la valutazione qualitativa formulata durante la sperimentazione in classe.

Nella prima scheda, con il parametro *facilità d'uso* si intendeva valutare come l'alunno utilizzava una certa componente del corso. Per esempio, il grado di difficoltà incontrato da un allievo per scaricare sul proprio computer una simulazione e per attivarla. Con il parametro *impatto* si intendeva valutare il giudizio immediato che l'alunno dava di una determinata componente al momento del suo utilizzo, soprattutto se si trattava del suo primo utilizzo. Per esempio, per valutare l'impatto di una simulazione è stato valutato: il suo gradimento (il fatto che essa risultasse o meno accattivante); la sua lunghezza (se fosse risultata troppo lunga avrebbe potuto essere noiosa, viceversa se fosse risultata troppo corta avrebbe potuto non essere sufficientemente chiara); la chiarezza complessiva della spiegazione. Con il parametro *efficacia* si intendeva valutare se una componente raggiungeva lo scopo per cui era stata concepita in un determinato contesto. Per esempio, per valutare l'efficacia di una simulazione è stato valutato quanto questa fosse adeguata come strumento di spiegazione di un concetto o di una procedura e/o quanto fosse utile come strumento a cui l'alunno potesse riferirsi in momenti successivi come aiuto e richiamo.

Nella seconda scheda sono stati valutati gli strumenti di ARI@ITALES usati dagli alunni per risolvere i problemi proposti. In particolare, sono state valutate le principali funzioni del Foglio Soluzione (copiare le rappresentazioni ottenute nei micromondi, commentarle usando la funzione di "post-it", aggiungere nuove pagine, accedere ai diversi micromondi) e le principali funzioni dei Micromondi Euro, Abaco, Calendario (sintesi vocale, movimento, cambio, costruzione di intervalli di tempo di lunghezza fissata o variabile, ecc.).

In questa seconda scheda i parametri *facilità d'uso* e *impatto* sono stati valutati in modo analogo a quanto fatto nella prima scheda. Con il parametro *efficacia* si è valutato, in particolare, quanto le funzionalità incorporate nei Micromondi e nel Foglio Soluzione fossero appropriate per promuovere e validare lo sviluppo delle specifiche competenze matematiche che si volevano sviluppare nei diversi moduli del corso. Ad esempio, osservando il lavoro degli alunni, si voleva valutare se il poter spostare monete sullo schermo e cambiarle con altre di valore equivalente favorisse lo sviluppo di capacità di conta quali quelle di raggruppare monete in gruppi dello stesso valore, di completare un certo ammontare per raggiungere un ammontare intero, ecc. Si voleva anche verificare se le funzioni del Foglio Soluzione (copia/incolla, post-it) potessero essere utili per avviare progressivamente gli allievi verso attività di

verbalizzazione e di riflessione sui processi risolutivi messi in atto nei micromondi, e così via.

Risultati della sperimentazione

Nel seguito discuteremo brevemente alcuni dei dati raccolti riferendoli ai due obiettivi principali che ci eravamo prefissate nel lavoro di sperimentazione.

Supporto alla progettazione e alla gestione dell'attività didattica

Come è stato osservato nell'introduzione, l'integrazione nelle attività di insegnamento ed apprendimento di una classe di ambienti software per l'educazione matematica pone all'insegnante numerosi problemi di progettazione e gestione dell'attività didattica. Per esempio, l'insegnante si trova nella necessità di dover fornire spiegazioni personalizzate a più bambini contemporaneamente, di dover controllare l'operato di ogni bambino, di dover suggerire a ciascuno come correggere gli errori fatti, ecc. Egli deve cercare di seguire contemporaneamente bambini con bisogni diversi e con un livello di conoscenza non omogeneo, deve cercare di coordinare il percorso didattico in modo che tutti gli alunni possano arrivare a raggiungere determinati obiettivi in tempi fissati, deve trovare modalità per gestire gli alunni che hanno effettuato assenze, e così via.

L'analisi dei dati raccolti durante la sperimentazione ci ha permesso di analizzare l'efficacia delle componenti del corso come aiuto nel far fronte ad alcuni dei problemi precedenti e di ottenere indicazioni per calibrare meglio lo sviluppo di corsi nel futuro.

Ad esempio, le *Simulazioni* e gli *Esercizi svolti* sono stati inseriti nel corso per fornire spiegazioni a cui l'alunno potesse fare ricorso anche più volte e in tempi successivi. Analizzando i dati raccolti, si può osservare che le simulazioni si sono rivelate uno strumento utile per la prima spiegazione di un concetto o di una procedura (ad esempio, la spiegazione di una particolare funzione di un micromondo). Tuttavia di rado gli allievi vi facevano ricorso in momenti successivi preferendo, in caso di necessità, riferirsi direttamente ai compagni o all'insegnante. Probabilmente questo risultato è dovuto al fatto che, usualmente, lanciare e guardare una simulazione richiedeva abbastanza tempo. Si è potuto constatare che gli alunni, invece, preferivano ricorrere all'aiuto fornito attraverso esempi svolti più immediati da comprendere e rivedere. Le simulazioni, quindi, hanno supportato l'insegnante nella gestione delle parti introduttive dei moduli ma non sono state molto utilizzate come aiuto per lo studente in difficoltà. Al contrario, gli esempi di esercizi svolti si sono rivelati strumenti efficaci sia per fornire spiegazioni sia per richiamare concetti e/o procedure. A conferma di questo dato, si può osservare che le attività di *completamento di una soluzione*, che, nel corso, venivano quasi sempre proposte dopo gli esempi di esercizi svolti, sono state risolte autonomamente e in modo corretto da oltre la metà dei bambini nelle prime sessioni e dal 90% nelle ultime sessioni del corso.

Le attività di completamento di una soluzione sono state introdotte principalmente per verificare l'apprendimento dei concetti matematici introdotti (per esempio, la rappresentazione decimale di un numero o il concetto di multiplo o sottomultiplo di una certa quantità). I *Test* sono

stati, invece, maggiormente utilizzati per verificare l'apprendimento delle procedure d'uso degli strumenti e delle loro funzioni. I risultati mostrano che effettuare questo tipo di verifica tramite test ha aiutato in modo significativo la gestione del corso, soprattutto per quelle procedure che si sono rivelate più complesse (per esempio, l'uso della funzione di cambio in Euro o in Abaco). Infatti, i test fornivano un feedback immediato alle risposte dell'alunno, e, nel caso di risposte errate, rimandavano ad attività mirate a risolvere i problemi evidenziati. Questo lavoro di correzione ed approfondimento, in un contesto circoscritto quale quello della verifica di determinate procedure operative, si è rivelato efficace e di notevole utilità per l'insegnante che non doveva correre da un bambino all'altro per controllare il lavoro. Notiamo che all'inizio del Modulo 1 i bambini che hanno svolto correttamente i test sono stati circa il 55%, mentre alla fine del modulo la percentuale è salita al 79%.

In generale, possiamo osservare che la validazione dell'operato di ogni allievo, per competenze specifiche e con strumenti mirati, si è rivelata un supporto utile e difficilmente realizzabile con strumenti tradizionali. Tale validazione non deve però limitarsi al solo controllo (sbagliato/corretto) ma deve essere progettata in modo tale da permettere all'allievo una riflessione sul proprio operato e un'evoluzione delle sue competenze.

La validazione di alcune azioni che abbiamo ritenuto critiche per l'acquisizione dei concetti matematici oggetto del corso è stata realizzata facendo ricorso anche ad una specifica funzione degli strumenti di ARI@ITALES: la sintesi vocale.

Attivando la funzione di sintesi vocale, l'utente può sentire pronunciato l'ammontare di un gruppo di monete selezionate nel micromondo Euro o di una configurazione dell'abaco, e può, quindi, verificare direttamente se, ad esempio, ha generato correttamente un ammontare richiesto o se ha realizzato una rappresentazione corretta sull'abaco. Questa funzione è stata utilizzata soprattutto all'inizio quando gli alunni dovevano consolidare la capacità di conta con le monete. Essa ha permesso, ad ogni alunno, in modo autonomo e senza delegare il controllo all'insegnante, di confrontare ciò che pensava di aver realizzato e ciò che aveva effettivamente fatto (ad esempio, l'alunno pensava di aver realizzato un gruppo di monete del valore di 1 Euro e 50 centesimi, come richiesto dal testo di un problema, e con la sintesi vocale si accorgeva di aver invece generato monete per un valore di 1 Euro e 5 centesimi). Usando la sintesi come validazione del processo di conta, l'alunno poteva correggere quanto fatto, anche per tentativi ed errori, imparando così in modo operativo le regole di conta con le monete. Via via che il processo di conta si consolidava il ricorso alla sintesi è stato meno utilizzato. Osserviamo che in alcuni casi l'insegnante è dovuto intervenire per chiedere il rispetto del contratto didattico a quei bambini che usavano il sintetizzatore per sostituire la conta. Questo uso improprio della sintesi ha messo in luce l'opportunità di rendere maggiormente flessibili alcuni degli strumenti di ARI@ITALES in modo da consentire all'insegnante di adeguarli alle esigenze specifiche dei propri alunni. Ad esempio, sarebbe stato opportuno poter inibire la sintesi vocale nella soluzione di determinati problemi o poter scegliere quali micromondi rendere disponibili in un certo momento del percorso didattico. Tali opportunità, per ora, sono disponibili solo nella versione stand-alone (ARI-LAB-2) e non possono ancora essere utilizzate per la costruzione di corsi in rete.

Durante lo svolgimento del corso, la sintesi vocale è stata utilizzata dagli allievi anche per leggere ad alta voce il testo dei problemi. Questa modalità d'uso si è mostrata di significativa utilità per quegli allievi che avevano difficoltà di lettura o di vista (difficoltà a leggere le parole sullo schermo). Tali allievi, per comprendere il testo di un problema, dovevano sentirlo leggere più volte non solo all'inizio ma anche, a più riprese, durante la sua soluzione. La sintesi vocale ha, quindi, permesso all'insegnante di gestire in contemporanea diverse situazioni di questo tipo. Ciò sarebbe stato di difficile realizzazione senza il supporto della sintesi vocale.

Dal punto di vista strutturale, si è rivelata utile la scelta di organizzare il corso in modo tale da permettere agli allievi di seguire percorsi anche diversi fra loro. Ad esempio, il testo di uno stesso problema veniva proposto in varie versioni in modo che gli allievi con livelli di competenze diversi potessero seguire percorsi in cui venivano sviluppati gli stessi concetti matematici, ma con strategie e procedure adeguate al livello di capacità.

Il rispetto dei tempi di apprendimento di ciascun alunno (e la gestione delle assenze) è stata resa possibile dal fatto che ogni bambino aveva la possibilità di accedere al corso in modo da riprendere il lavoro da dove lo aveva lasciato la sessione precedente. Egli poteva anche rivedere in ogni momento il lavoro svolto. Ad esempio, poteva rivedere i problemi svolti intervenendo eventualmente sulla soluzione, poteva riprendere un concetto non chiaro ritornando alla sua spiegazione, alle simulazioni e agli esempi, ecc.

La possibilità di salvare sul computer di ogni allievo l'intero lavoro svolto è stata giudicata dagli insegnanti uno strumento particolarmente utile per controllare il lavoro svolto e per confrontarlo con quello degli altri allievi della classe. Questa possibilità ha consentito di intervenire in modo personalizzato e di proporre attività mirate durante il normale svolgimento delle lezioni in classe.

Sviluppo di competenze nella soluzione di problemi aritmetici

Uno degli obiettivi del lavoro di sperimentazione era quello di analizzare l'efficacia delle funzionalità degli strumenti di ARI@ITALES per lo sviluppo di competenze matematiche legate alla soluzione di problemi aritmetici di struttura additiva e moltiplicativa in contesti specifici quali la compravendita e il calcolo del tempo. Questa analisi è stata realizzata prendendo in considerazione alcune specifiche funzionalità dei micromondi Euro, Abaco e Calendario e del Foglio Soluzione e mettendole in relazione con le competenze matematiche obiettivo dei vari moduli del corso.

Consideriamo, ad esempio, lo sviluppo di strategie di conta con le monete. All'inizio dell'attività, gli alunni contavano le monete in sequenza o per valore. A mano a mano che l'uso del Micromondo Euro si andava consolidando, gli allievi, sfruttando il movimento ed il cambio, venivano guidati a mettere in atto strategie che potessero facilitare l'operazione. Ad esempio, componevano gruppi di monete il cui ammontare corrisponde ad uno stesso valore intero (e.g. 1 Euro). Molti di loro mettevano in atto autonomamente strategie miste: ad esempio, raggruppavano monete dello stesso taglio sino a raggiungere un ammontare intero e poi monete di taglio diverso fino a raggiungere lo stesso ammontare. Alla fine del modulo 1, il 57% degli allievi (di livello medio/alto) realizzava il processo

di conta a mente, senza spostare le monete sullo schermo, ma seguendo ugualmente strategie di conta. Il movimento di monete ed il processo di raggruppamento erano, cioè, interiorizzati, e gli alunni usavano, ad esempio, solo il puntatore del mouse per aiutarsi nella conta.

La funzione di movimento ha favorito anche l'acquisizione di strategie del tipo Totale/Parte/Resto e l'attribuzione di un significato concreto ai gruppi di monete ottenuti (la parte, il resto). La possibilità di generare monete (o banconote) di taglio diverso ha facilitato la messa in atto di strategie di completamento, che, di solito, risultano più ostiche agli alunni. Ad esempio, si arrivava ad un certo ammontare, a partire da un ammontare dato, generando prima i centesimi necessari per arrivare al decimo successivo, poi i decimi per arrivare all'intero, ecc.

Un certo numero di bambini ha fatto ricorso alla generazione di monete anche per mettere in atto strategie di contenenza. Per esempio, dovendo risolvere un problema del tipo "un giornalino costa 2.5 Euro, quanti giornalini si possono comprare con 10 Euro?", i bambini incominciavano a generare un gruppo di monete da 2.5 Euro (ad esempio, due monete da 1 Euro e una moneta da 50 centesimi), poi ne generavano un altro e contavano le monete tutte insieme, continuavano così, contando ogni volta, finché raggiungevano il totale desiderato. Alcuni, alla fine, per contare il numero dei biglietti, formavano di nuovo gruppi da 2.5 Euro. Gli alunni arrivavano poi a formalizzare la divisione intera attraverso somme ripetute. Per esempio, nel quaderno soluzione gli alunni esprimevano in modo simbolico il procedimento messo in atto nel micromondo Euro con espressioni del tipo "25 Euro + 25 Euro + 25 Euro + 25 Euro = 100 Euro, allora $100:4=25$ ".

La funzione di cambio nel micromondo Euro ha supportato l'acquisizione di capacità inerenti la composizione e la scomposizione additiva, sviluppate attraverso problemi di equivalenza monetaria. I risultati mostrano che una buona percentuale di bambini ha acquisito queste capacità sin dalle prime sessioni del corso (82%). Quasi la metà dei bambini ha usato il cambio in modo corretto per operazioni di cambio vincolato (per esempio, per cambiare un certo ammontare con il minor numero di monete possibile) mostrando una buona padronanza nella manipolazione di monete e di numeri. La funzione di cambio è stata utilizzata da una buona percentuale di bambini (47%) per eseguire partizioni di un certo ammontare in gruppi di valore dato. Anche il concetto di resto di una divisione è stato interpretato in questo contesto: "devo vedere quanti biglietti del bus compro con 5 Euro. Ogni biglietto costa 80 centesimi. Prendo 5 Euro, li cambio con 5 monete da 1 Euro, comincio a cambiare un 1 Euro con dieci monete da 10 centesimi, metto da parte 2 monete da 10 centesimi, faccio così per tutte le monete da 1 Euro. Alla fine ho i soldi per 5 biglietti e mi avanzano ancora 10 monete da 10 centesimi, compro ancora un biglietto e mi avanzano 20 centesimi".

Osserviamo che solo l'osservazione diretta e l'intervento mirato dell'insegnante può evitare che si verifichino situazioni in cui le funzioni dei micromondi siano usate in modo non appropriato o in un modo che non consenta l'evoluzione delle competenze dell'alunno. Ad esempio, alcuni bambini cercavano di usare la funzione di cambio in modo opportunistico. Per rispondere ad una domanda del tipo "quanti biglietti della lotteria da 1 euro e 50 centesimi può comperare Luca avendo a disposizione 7 Euro" alcuni alunni provavano a cambiare 7 euro generando

gruppi di monete da 1.50 Euro l'uno e attivando la funzione di validazione del cambio. Se ottenevano il messaggio "sono pochi" andavano avanti. Si fermavano quando il messaggio ottenuto era "sono troppi". Cancellavano allora l'ultimo gruppo di monete da 1.50 Euro e completavano con monete di taglio minore fino ad arrivare a 7 Euro. Il numero dei gruppi da 1.50 Euro rappresentava il quoziente, le monete aggiunte per raggiungere 7 Euro, il resto. Questo tipo di procedura, pur mostrando la padronanza raggiunta nell'usare le specifiche funzionalità del micromondo Euro, può rimanere sul piano puramente meccanico e non consentire all'alunno di attribuire al proprio operato un'interpretazione significativa in termini matematici. E' stato, quindi, compito dell'insegnante ristrutturare il compito in modo da rendere possibile tale evoluzione.

La possibilità offerta dal Foglio Soluzione di confrontare rappresentazioni diverse di uno stesso valore (ad esempio, rappresentato con le monete e con l'abaco) è stata sfruttata all'interno del corso per avviare gli allievi a riflettere sulla rappresentazione simbolica dei numeri decimali.

Le funzioni del micromondo Abaco consentono, infatti, da un lato, di realizzare attività mirate all'esplorazione e all'uso delle regole coinvolte nella scrittura decimale posizionale dei numeri e, dall'altro, di approfondire gli aspetti concettuali coinvolti nelle operazioni di somma e sottrazione di numeri decimali (per esempio, il concetto di riporto). All'inizio, circa il 40% degli alunni rappresentava correttamente sull'abaco un valore monetario realizzato con le monete. Alla fine del Modulo 1 la percentuale di studenti che realizzava rappresentazioni corrette ed eseguiva correttamente sull'abaco un'operazione prima realizzata contando monete, saliva all'80%. Questa attività di coordinamento e confronto di rappresentazioni è risultata significativa anche per avviare gli studenti alla verbalizzazione e formalizzazione dei procedimenti seguiti. Alla fine del corso quasi il 90% degli alunni era in grado di passare in modo corretto dalla rappresentazione verbale di un numero alla sua scrittura decimale. La maggior parte degli allievi, inoltre, era in grado di descrivere a parole nel Foglio Soluzione un procedimento precedentemente realizzato in un micromondo e di tradurre tale descrizione usando i simboli aritmetici.

Il coordinamento fra le attività realizzate nel micromondo Euro e nel micromondo Calendario è risultato importante anche per introdurre e sviluppare il concetto di multiplo e sottomultiplo. Per esempio, il concetto di multiplo è stato introdotto come ammontare ottenuto considerando più volte una certa somma di denaro o come intervallo multiplo di due o più intervalli di tempo. Osserviamo che l'80% degli alunni ha risolto in modo corretto i problemi relativi al concetto di multiplo in contesti di compravendita e il 76% degli alunni ha correttamente risolto, usando il Micromondo Calendario, i problemi che introducevano i concetti di minimo comune multiplo e di partizione di insiemi.

Conclusioni

La progettazione di ambienti di apprendimento efficaci che integrino l'uso di strumenti tecnologici richiede di tener conto della situazione di apprendimento nella sua globalità. Quindi, non solo delle caratteristiche e delle potenzialità degli strumenti, ma anche del modo in cui questi strumenti vengono usati, del percorso didattico nel quale sono inseriti,

delle esigenze degli insegnanti che li usano, degli obiettivi curricolari, della situazione sociale ed istituzionale, ecc. La contestualizzazione assume, cioè, un'importanza decisiva. Senza un contesto d'uso significativo le potenzialità di un software, anche accuratamente progettato per scopi didattici, potrebbero rimanere largamente non sfruttate o addirittura essere utilizzate in modo controproducente. La progettazione e la gestione di contesti d'uso adeguati per l'apprendimento della matematica non si debbono vedere in termini statici ma come processi evolutivi in cui le concezioni e l'esperienza del singolo insegnante sono confrontate con quelle di altri colleghi, con i risultati della ricerca, con la raccolta di dati significativi, tenendo conto dei vincoli e delle caratteristiche particolari della situazione in cui ciascuno opera.

Uno degli obiettivi che ci eravamo prefisse nel nostro lavoro era verificare se l'uso di tecnologie basate sui principi dell'e-learning potesse essere utile per supportare lo sviluppo di questi processi.

Con il lavoro di sperimentazione descritto in questo articolo abbiamo incominciato ad analizzare gli aspetti più strettamente legati ai problemi che il singolo insegnante deve affrontare nella gestione dell'attività in classe. In futuro vorremmo orientare maggiormente la nostra analisi allo studio delle opportunità che la tecnologia utilizzata può offrire per favorire lo sviluppo di attività di condivisione e di collaborazione. Vorremmo studiare, cioè, come si possa favorire la crescita di comunità di insegnanti in cui il processo di costruzione di ambienti di apprendimento sia basato su un lavoro di messa in comune e di confronto.

L'analisi che abbiamo svolto ha messo in luce l'utilità, per l'insegnante, di avere a disposizione una traccia flessibile e riutilizzabile di percorso didattico che sia in grado di favorire attività di spiegazione e di validazione dell'operato degli alunni, specie per competenze e procedure specifiche. Citiamo, ad esempio, l'opportunità di fornire assistenza in modo mirato agli alunni (verifica di procedure di conta, richiamo delle spiegazioni relative all'uso di una particolare funzione, aiuto nella lettura di un testo, ...) e l'opportunità di consentire la gestione di percorsi individualizzati che tengano conto dei diversi livelli di apprendimento degli allievi, delle assenze, ecc.

L'introduzione di strumenti software interattivi quali i micromondi è risultata significativa per lo sviluppo di competenze matematiche. Le opportunità che questi strumenti offrono vengono potenziate se l'insegnante può contare su strumenti efficaci per la loro gestione (per esempio, strumenti che facilitino l'apprendimento delle loro funzioni, che controllino il corretto svolgimento di determinate procedure, che permettano di proporre in modo strutturato attività significative, ecc.).

Osserviamo che le opportunità messe in luce non devono leggersi come una spinta verso l'apprendimento individuale e la sostituzione dell'insegnante. L'utilizzo di corsi quale quello a cui si fa riferimento in questo articolo ha senso solo se inserito in un lavoro di classe, di cui esso sia una, ma non certamente l'unica, componente del progetto didattico complessivo.

Durante lo svolgimento dell'esperienza abbiamo notato il ruolo decisivo rivestito dalle attività di interazione fra alunni e fra alunni ed insegnante. Gli alunni, ad esempio, discutevano spesso fra loro scambiandosi opinioni e consigli sulle strategie da utilizzare, confrontavano i risultati, chiedevano spiegazioni, ecc. Quest'aspetto significativo dell'attività è stato favorito

solo in parte dagli strumenti tecnologici a disposizione. Ad esempio, gli alunni, per confrontare le soluzioni ad uno stesso problema, stampavano le soluzioni memorizzate sul proprio computer oppure riproducevano il proprio procedimento sul computer di un compagno alla fine del lavoro in laboratorio. Come abbiamo già osservato, poiché la piattaforma di riferimento del progetto al momento della realizzazione dell'esperienza non era completata, non è stato possibile utilizzare funzionalità di comunicazione on-line fra allievi durante lo svolgimento del corso. Questo è stato, senza dubbio, un limite dell'esperienza che non ha consentito di studiare attività che sfruttassero la comunicazione e la cooperazione fra allievi in modo da renderle significative per l'apprendimento matematico. Le prime sperimentazioni con il software ARI-LAB hanno messo in luce che si possono mettere in atto varie strategie, basate su attività di comunicazione mediate dal computer, per promuovere capacità matematiche anche a livello di scuola primaria (ad esempio, la scrittura dei numeri in notazione decimale, la soluzione di problemi aritmetici, ecc.). La stretta integrazione fra attività di comunicazione e attività da svolgere, ad esempio, nei micromondi, può indurre e motivare una conoscenza più approfondita dei concetti matematici in gioco, contribuendo a strutturare l'attività e ad offrire aiuto in momenti critici del lavoro (Bottino, 2000).

In futuro sarà, quindi, opportuno ripensare l'organizzazione del corso e la sua articolazione prevedendo anche attività di comunicazione e collaborazione fra allievi mediate dal calcolatore.

Osserviamo che la flessibilità dell'approccio basato su learning object rende la modifica e la riorganizzazione di un corso del tipo descritto molto più facilmente eseguibili che in una struttura di tipo tradizionale.

Questa flessibilità è proprio una delle caratteristiche che permette di guardare ai processi di progettazione e gestione di ambienti di apprendimento basati sull'uso delle tecnologie in termini evolutivi e in modo da rendere possibile la loro permeabilità agli apporti e ai contributi di altri.

Ringraziamenti

Vogliamo rivolgere un particolare ringraziamento agli insegnanti Roberto Carpaneto e Anna Macchello della scuola elementare Maria Mazzini di Genova. Senza il loro prezioso contributo e la loro costante collaborazione non avremmo potuto mettere a punto e sperimentare il corso oggetto di questo articolo.

Bibliografia

Alvino S., Sarti L. (2004), Learning Objects e Costruttivismo, *Atti Didattica*, Consorzio Omnicom Ed., Ferrara, 761-772.

Bottino R.M., 2000, Computer-based communication in the classroom: defining a social context, in D.M. Watson and T. Downes (eds.), *Communications and Networking in Education: Learning in a Networked Society*, The Netherlands, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 343-354.

Bottino R.M., Chiappini G. (1997), La natura della mediazione offerta dai sistemi basati su micromondi all'apprendimento della matematica, *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, Vol. 20 A-B, N. 6, 771-838.

Bottino R.M., Chiappini G. (1999), *ARI-LAB*, Dida*EI, ISBN 88-86904-15-0

Bottino R.M., Chiappini G. (2002), Technological Advances and Learning Environments, in L. English (ed.), *Handbook of International Research in mathematics Education*, Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 757-786.

Bottino R.M., Chiappini G. (2003), An innovative teaching and learning environment for school mathematics, *Proceedings of the International Conference T.E.L.'03: Technology Enhanced Learning '03*, ACM Italian Chapter And ASI, 73-80.

Chiappini G.P, Pedemonte B., Molinari M. (2004), Le tecnologie didattiche nell'approccio ai numeri razionali, in via di pubblicazione.

Koper, E. J., (2001), Modeling units of study from a pedagogical perspective, <http://eml.ou.nl/introduction/docs/ped-metamodel.pdf>

Appendice

Le Tabelle riportate in questa appendice presentano l'elaborazione di alcuni dati raccolti attraverso le schede di valutazione.

La Tabella 1 raccoglie i dati relativi alle componenti del corso.

La Tabella 2 accoglie i dati relativi alle principali funzioni dei micromondi Euro e Abaco.

I dati esprimono le valutazioni e le osservazioni effettuate in classe durante la sperimentazione rispetto ai tre parametri *facilità d'uso*, *impatto* ed *efficacia*. A ciascun parametro è stato assegnato un punteggio numerico da 1 a 4 che esprime in modo sintetico la valutazione qualitativa formulata durante la sperimentazione in classe (indicativamente: 1=scarso, 2=sufficiente, 3=buono, 4=ottimo). I risultati sono riferiti a tre diversi momenti della sperimentazione che ci sono sembrati significativi per valutare l'evolversi dell'attività:

- Inizio del Modulo 1 (11 Febbraio 2004)
- Fine Modulo 1 (15 Aprile 2004)
- Fine Modulo 2 (13 Maggio 2004)

Modulo 1 Modulo 2	Facilità d'uso			Impatto			Efficacia		
	Inizio Modulo1	Fine Modulo1	Fine Modulo2	Inizio Modulo1	Fine Modulo1	Fine Modulo2	Inizio Modulo1	Fine Modulo1	Fine Modulo2
Simulazioni	2= 100%	2=17% 3=82%	4=77% 2=22%	2=100%	2=17% 3=82%	3=100%	3=55% 4=30%	3=70% 4=29%	Come spiegazione 4=55%; 3=33%; 2=11% Come aiuto 1=55%; 0=44%
Test	2=25% 3=40% 4=30%	2=3% 3=8% 4=88%		3=50% 4=35%	3=17% 4=82%		3=55% 4=30% Concetti 20% Procedure d'uso 55%	3=64% 4=35% Concetti 20% Procedure d'uso 79%	
Esercizi di consolidamento	2=10% 3=20% 4=60%	2=10% 3=31% 4=58%	4=55% 3=11% 2=11%	3=50% 4=25%	3=58% 4=41%	4=44% 3=22% 2=11%	4=85%	4=58%	Intersezione fra archi di tempo 4=66%; 3=11%; 2=11% Composizione e fattorizzazione di numeri 4=33%; 2=22%; 1=33%
Completa la soluzione	2=10% 3=40% 4=45%	2=15% 3=26% 4=58%		2=25% 3=55% 4=20%	2=1% 3=82% 4=17%		2=25% 3=70% 4=5%	2=1% 3=52% 4=47%	Partizione di archi di tempo 4=33%; 3=22%; 2=22%; 1=11% Partizione aritmetica di archi 4=33%; 2=11%; 1=33%
Esempi spiegazioni di nuovi concetti				YES = 20% NO= 80%	YES = 5% NO= 94%	4=44% 3=55%	3=50% 4=50%	3=17% 4=82%	Supporto per imparare un nuovo concetto 4= 33%; 3=11%; 2=55% Visualizzazione di una partizione d'archi 4=44%; 2=55%

Tabella 1: Risultati sulle componenti del corso

ARI@ITALES		Facilità d'uso		Impatto		Efficacia	
		Inizio Modulo1	Fine Modulo1	Inizio Modulo1	Fine Modulo1	Inizio Modulo1	Fine Modulo1
Foglio Soluzione	Copia e incolla	2= 5% 3=20% 4=55%	4=100%	4=60% 2=5% 3=25%	4=100%	4=100% 3=20% 2=10%	4=100%
	Aggiungi pagina	4=50%	4=100%	4=50%	4=100%	4=50%	4=100%
	Post-it	4=65%	4=100%	4=65%	4=100%	Task 4=45% Free 4=35%	Free 4=100%
	Accesso ai Micromondi	2=10% 3=25% 4=50%	4=100%	2=10% 3=25% 4=50%	4=100%		
Micromondo Euro	Sintetizzatore vocale	4=65%	4=100%	4=65%	4=95%	Usato per validare 75% Usato per contare 25%	Usato per validare 29% Usato per contare 64%
	Movimento	2=5% 3=10% 4= 60%	4=100%	4=65%	4=98%	-monete raggruppate in sottogruppi 0% -Contare monete dello stesso valore 75% -Contare monete per raggiungere ammontare intero25% -Contare in sequenza 55%	-monete raggruppate in sottogruppi 17% - Contare monete dello stesso valore 21% - Contare monete per raggiungere ammontare intero 57% - Contare in sequenza 15% -Completamento 4% -T/P/R 11% -Aritmetico 90%
	Cambio		4= 76%		4=76%	-supporto per il concetto d'equivalenza monetaria 82% -usato in modo operativo 4= 47% -per fare divisioni come somme ripetute 41%	
		23 marzo	6 aprile	23 marzo	6 aprile	23 marzo	6 aprile
Micromondo Abaco	Cambio	2=40% 3=60%	3=30% 4=70%	2=40% 3=60%	3=70% 4=30%	Usato per fare operazioni (+; -) SI 40% NO 70%	- Usato per fare operazioni (+; -) SI 80% NO 20%
						Usato per rappresentare un numero SI 90% NO 10%	Usato per rappresentare un numero SI 90% NO 10%

Tabella 2: Risultati sulle funzioni del Foglio Soluzione, del Micromondo Euro e del Micromondo Abaco