



Università degli Studi di Salerno
Dipartimento di Fisica “E. R. Caianiello” e Dipartimento di Matematica
in convenzione con
Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"
Dipartimento di Matematica e Fisica

Dottorato di Ricerca “Matematica, Fisica e Applicazioni”
XXIX Ciclo

Curriculum Matematica

Tesi di dottorato

**DIST-M: script collaborativi computer-based
per mediare l'argomentazione in matematica**

Candidato

Dello Iacono Umberto

Tutor
prof.ssa Giovannina Albano

Coordinatore
prof. Sandro Pace

ANNO ACCADEMICO 2015/2016

ad Angela e Carmen

*Dare importanza alla comunicazione in matematica
può cambiare non solo il modo di insegnare matematica,
ma anche il nostro modo di pensare e di apprendere.*

*La comunicazione non è da considerarsi
semplicemente un aiuto al pensiero,
ma è, per certi versi, il pensiero stesso.*

Anna Sfard

Sommario

Ringraziamenti	6
1 Introduzione.....	8
2 Il quadro teorico	11
2.1 Alcuni principi della teoria di Vygotskij e sue implicazioni didattiche.....	11
2.2 Storytelling e Digital Storytelling	14
2.2.1 Storytelling e digital storytelling in didattica	14
2.2.2 Storytelling e digital storytelling in didattica della matematica.....	17
2.3 Collaboration script	21
2.3.1 Processi cognitivi, metacognitivi e socio-cognitivi nell'apprendimento collaborativo.....	25
2.4 Personalizzazione dell'apprendimento	28
3 La metodologia DIST-M.....	31
4 Mediare l'argomentazione in matematica.....	34
4.1 L'argomentazione e la spiegazione.....	34
4.1.1 L'argomentazione e la spiegazione nella ricerca in didattica della matematica	34
4.1.2 L'argomentazione e la spiegazione nelle indagini nazionali e internazionali.....	40
4.1.3 L'argomentazione e la spiegazione dal nostro punto di vista	43
4.2 Collaboration script per mediare la competenza argomentativa	45
5 Un caso di studio: il DIST-M per mediare l'argomentazione in matematica	50
5.1 Gli strumenti informatici utilizzati	52
5.2 Le innovazioni tecnologiche	55
5.2.1 I Tutorial.....	56
5.2.2 La Domanda Grafica Interattiva (DGI).....	56

5.2.3 Domanda Semiaperta Interattiva (DSI)	57
5.3 Il Frame Introduzione.....	58
5.3.1 Il contesto storia: “Programma Discovery”	59
5.3.2 Lo script Introduzione	61
5.3.2.1 Tutorial Areogramma	65
5.3.2.2 Tutorial Ortogramma	67
5.3.3 L’argomentazione e la spiegazione nel Frame Introduzione	69
5.4 Il Frame Livello 1	70
5.4.1 Il Capitolo 1	70
5.4.1.1 Task 1: Scelta dei ruoli	71
5.4.1.2 Task 2: Manipolazione e riflessione	76
5.4.1.3 Task 3: Domanda Aperta Individuale	83
5.4.1.4 Task 4: Discussione sul forum	85
5.4.1.5 Task 5: Risposta concordata	86
5.4.1.6 Task 6: Domanda Semiaperta Interattiva	87
5.4.1.7 Task 7: Risposta sul forum e discussione	91
5.4.1.8 Task 8: Forum generale	94
5.4.1.9 Task 9: Diario di bordo.....	96
5.4.1.10 Task 10: Diario personale	97
5.4.2 Il Capitolo 2	100
5.4.2.1 Task 1: Scelta dei ruoli	101
5.4.2.2 Task 2: Manipolazione e riflessione	102
5.4.2.3 Task 3: Domanda Aperta Individuale	109
5.4.2.4 Task 4: Discussione sul forum	110
5.4.2.5 Task 5: Risposta concordata	111
5.4.2.6 Task 6: Forum generale	111

5.4.2.7 Task 7: Diario di bordo.....	111
5.4.2.8 Task 8: Diario personale	112
5.5 I processi di mediazione semiotica.....	112
6 La Sperimentazione	116
6.1 Strumenti di analisi.....	116
6.2 Una prima istanza del DIST-M.....	121
6.3 Uno studio pilota.....	122
6.3.1 Metodologia	122
6.3.2 Analisi dei protocolli.....	123
6.3.3 Risultati: punti di debolezza e suggerimenti	131
6.4 Lo studio principale	132
6.4.1 Metodologia	132
6.4.2 Analisi dei protocolli dello script Capitolo 1	135
6.4.3 Analisi dei protocolli dello script Capitolo 2	146
7 Conclusioni	154
Bibliografia	155

Ringraziamenti

All'esito di questo affascinante percorso, ho maturato la consapevolezza che il raggiungimento di taluni traguardi è possibile solo grazie alla condivisione e ad un lavoro corale.

Avverto, quindi, la necessità di rivolgere alcuni ringraziamenti a coloro che mi hanno accompagnato e guidato in questi anni di studio.

Il primo dei ringraziamenti va al mio tutor, prof.ssa Giovannina Albano, una guida impareggiabile e un esempio di professionalità e rigore scientifico. Il ricorso al *plurale maiestatis*, che utilizzo in tutto l'elaborato, non è solo forma: questo lavoro è frutto della nostra intensa collaborazione. Devo a lei la mia crescita professionale e la ringrazio per la disponibilità e la pazienza che ha dimostrato durante tutto il percorso.

Sono grato al prof. Paolo Boero. Questa ricerca non avrebbe avuto ragione di esistere senza il suo contributo iniziale e la sua intuizione, che hanno rappresentato il filo conduttore dell'intero lavoro.

Un grazie particolare è rivolto alla prof.ssa Maria Alessandra Mariotti per la stimolante attività svolta sotto la sua guida. Le sue indicazioni hanno rappresentato il reale valore aggiunto a questa ricerca.

Rivolgo un ringraziamento al prof. Pierluigi Ferrari, per la disponibilità che mi ha sempre mostrato e per aver contribuito con i suoi preziosissimi suggerimenti ad ispirare parte del mio lavoro.

Grazie al prof. Giuseppe Fiorentino, con il quale abbiamo collaborato proficuamente e condiviso tante esperienze di ricerca, fondamentali per la stesura di questo elaborato finale.

Ringrazio immensamente il prof. Giangiaco Gerla, che mi ha accolto ed iniziato all'attività di ricerca. È stato e continua ad essere un punto di riferimento per le mie scelte professionali.

Un grazie di cuore va a Saverio Tortoriello, Giovanni Vincenzi, Roberto Capone, Gemma Carotenuto, Cristina Coppola, Immacolata D'Acunto, Flora Del Regno,

Franco Laudano, Laura Lombardi, Tiziana Pacelli e Anna Pierri, gruppo di lavoro in didattica della matematica, che mi ha accompagnato e mi accompagna nella mia vita professionale e privata.

Grazie, infine, al prof. Giovanni Capobianco che, quando ero solo un giovane studente laureando in matematica, mi ha spinto nel proseguire i miei studi e continua a credere in me, incoraggiandomi nell'attività di collaborazione che tuttora ci lega.

1 Introduzione

Questa tesi si inserisce in un filone di ricerca che mira a comprendere se, e fino a che punto, sia possibile utilizzare, nell'ambito dell'educazione matematica, una piattaforma di e-learning per realizzare una didattica vygotskiana, basata sulla mediazione e sull'interazione tra pari (Vygotsky, 1980). Vogliamo quindi investigare se, e fino a che punto, sia possibile trasferire il ruolo di mediatore, classicamente tenuto dal docente, al gruppo di pari online, supportato dalla piattaforma.

La ricerca svolta ci ha portato alla definizione di una metodologia che integri il digital storytelling con attività matematiche competence-oriented di tipo vygotskiano, permettendo allo studente una partecipazione attiva. Tale metodologia, che chiameremo Digital Interactive Storytelling in Matematica (DIST-M), permette di definire e organizzare attività matematiche, come sequenza di script collaborativi (King, 2007) computer-based (Weinberger et al., 2009), che regolano e indirizzano i ruoli e le interazioni tra studenti perché la collaborazione produca effettivamente apprendimento, in particolare di specifiche competenze matematiche. Il presupposto è che una buona organizzazione degli strumenti forniti da un ambiente di e-learning e una collaborazione ben strutturata tra pari possano agire come supporto per gli studenti per il raggiungimento del loro obiettivo di apprendimento. L'approccio teorico è basato su una prospettiva socio-costruttivista e, quindi, sull'idea che conoscenze, abilità e competenze individuali abbiano origine dalle interazioni sociali con pari e con esperti e dall'interiorizzazione di tali pratiche sociali (Vygotsky, 1980). Il costrutto di script, nato in psicologia cognitiva (Schank e Abelson, 1977), in contesto educativo diventa una struttura imposta esternamente allo studente, che però diventa efficace solo nel momento in cui lo studente la interiorizza, in accordo quindi all'approccio vygotskiano di apprendimento prima socializzato e poi interiorizzato. Gli script esterni sono molto utilizzati in ambienti computer-supported (Weinberger et al., 2009), in cui la necessità di pre-strutturare e regolare i processi sociali e cognitivi risulta molto evidente. Per valorizzare sia gli aspetti sociali e collaborativi, sia quelli motivazionali e di efficacia cognitiva, è stato adottato il framework del digital storytelling. La richiesta sempre più frequente di sviluppare competenze in contesti reali ben si sposa con lo storytelling, strumento potente per motivare lo studente (Haven, 2000), soprattutto in matematica (Zazkis

& Liljedhal, 2009). Tuttavia la ricerca ha mostrato che non bastano contesti significativi e coinvolgenti per migliorare l'apprendimento. L'efficacia dell'integrazione tra pensiero logico e pensiero narrativo (Bruner, 1986) nello sviluppo di capacità di problem-solving in contesti reali dev'essere costruita attraverso storie che vedano ben calibrate le parti narrative e matematiche (Zan, 2012).

In questa tesi presentiamo una istanza del DIST-M disegnata e implementata per uno specifico caso di studio focalizzato sulla competenza argomentativa e comunicativa in matematica, in particolare sulla costruzione di argomentazioni matematiche, sempre più richiesta in indagini sia nazionali che internazionali (Turner & Adams, 2012). L'obiettivo specifico ha riguardato il passaggio da un ragionamento, eventualmente condiviso con linguaggio in registro quotidiano, all'espressione verbale di un'argomentazione in registro più evoluto, tipico della comunicazione scientifica.

Per Sfard, la comunicazione tra pari nelle aule scolastiche, è oramai una parte indissolubile della nuova realtà sociale. L'avvento dei social network, come Facebook e Twitter e di ambienti di comunicazione, come Skype, infatti, ha modificato il modo di comunicare delle nuove generazioni. La questione, dunque, da un punto di vista didattico, non è più se favorire o meno la comunicazione in classe, ma piuttosto quando e come farlo per promuovere l'apprendimento (Sfard, 2015). Per la studiosa, il pensiero umano è una forma individualizzata di comunicazione interpersonale e il ragionamento, essendo un tipo speciale di pensiero, rientra nella stessa categoria. Inoltre, le discipline sono discorsi, cioè, forme specializzate di comunicazione, e l'apprendimento disciplinare equivale ad un processo di costruzione di forme di comunicazione. A partire da tali premesse, risulta fondamentale da parte di docenti e ricercatori, concentrarsi sull'attività comunicativa in classe. In un approccio discorsivo all'apprendimento della matematica, Ferrari (2004) mostra che il linguaggio matematico e le produzioni scritte in registri evoluti condividono molte caratteristiche. Per lo studioso, quindi, acquisire familiarità con le comunicazioni scritte è un prerequisito essenziale per promuovere un pensiero matematico avanzato. A questo scopo, vi è la necessità, nelle aule scolastiche, di passare dalla semplice richiesta di risoluzione di un problema alla richiesta di risoluzione corredata di spiegazione verbale. Lo specifico DIST-M, in questa ottica, ha l'obiettivo di spingere lo studente alla costruzione di

spiegazioni e argomentazioni scritte in un linguaggio chiaro, coeso e in un registro condiviso dalla comunità dei matematici.

Il DIST-M oggetto della tesi è stato sperimentato in più occasioni con studenti della scuola secondaria di secondo grado. I risultati delle varie sperimentazioni sono stati usati in un processo di back-forward che ha permesso di iterare un ciclo di ipotesi-disegno-realizzazione-analisi in modo tale da testare e rettificare la metodologia per renderla efficace rispetto agli obiettivi prefissati. Ad ogni sperimentazione è stata condotta l'analisi dei protocolli, realizzata opportunamente con l'ausilio di strumenti teorici che fanno riferimento alla linguistica funzionale.

Nel Capitolo 2 di questa tesi descriviamo il quadro teorico, come networking di teorie, su cui si fonda il DIST-M. Precisiamo, innanzitutto, ciò che intendiamo per didattica vygotskiana e chiariamo il concetto di interiorizzazione delle funzioni psichiche superiori, idea alla base del nostro lavoro. Parliamo, poi, di storytelling e di digital storytelling e del loro utilizzo nella didattica in generale e, in particolare, nella didattica della matematica. Analizziamo, quindi, il quadro teorico degli script collaborativi, con particolare attenzione agli script computer-based, e ai processi coinvolti durante le fasi di apprendimento collaborativo. Infine, ci soffermiamo sul concetto di personalizzazione convergente e divergente dell'apprendimento, che possono essere favoriti grazie alle potenzialità di piattaforme di e-learning.

Nel Capitolo 3 definiamo e descriviamo la metodologia DIST-M.

Nel Capitolo 4 introduciamo il quadro teorico sull'argomentazione e la spiegazione in matematica e ci focalizziamo sugli script collaborativi computer-based per mediare l'argomentazione in matematica.

Nel Capitolo 5 presentiamo l'istanza del DIST-M, realizzata per lo specifico caso di studio, gli strumenti utilizzati, le innovazioni tecnologiche apportate e i processi di mediazione semiotica coinvolti.

Nel Capitolo 6 delineiamo la metodologia e gli strumenti di analisi utilizzati, a valle dei quali presentiamo e discutiamo i risultati relative alle sperimentazioni fatte, sia nel caso pilota che nello studio principale.

Nel Capitolo 7 riportiamo le conclusioni e i possibili sviluppi futuri.

2 Il quadro teorico

2.1 Alcuni principi della teoria di Vygotskij e sue implicazioni didattiche

In questo paragrafo discuteremo del rapporto tra apprendimento e sviluppo cognitivo. Per farlo prenderemo in considerazione il libro *Mind and Society*, scritto da Vygotskij nel 1930 e, in particolare i capitoli *Interaction between learning and development* e *Internalization of Higher Psychological Functions* (nella versione Vygotsky, 1980), per chiarire il concetto di zona di sviluppo prossimale e di interiorizzazione delle funzioni psichiche superiori. Ci riferiremo, inoltre, al libro *Thought and language*, scritto da Vygotskij nel 1934 ed, in particolare, ad una versione rivisitata e scritta da Alex Kozulin nel 1986 (Vygotsky, 1986), per chiarire, secondo Vygotskij, il rapporto tra pensiero e linguaggio.

Secondo lo psicologo russo, l'apprendimento dei bambini comincia molto prima dell'inizio della scuola. Il bambino, infatti, quando comincia a studiare a scuola, ha già una storia precedente. Ad esempio, egli inizia a studiare l'aritmetica, ma in realtà ha già una sua aritmetica prescolare, cioè idee relative alle quantità e alle operazioni. L'apprendimento in età prescolare è diverso da quello scolastico, il bambino non apprende soltanto a scuola, ma anche quando, ad esempio, facendo le sue prime domande, assimila i nomi degli oggetti nel suo ambiente. L'apprendimento e lo sviluppo, quindi, sono correlati dal primo giorno di vita del bambino. Tuttavia l'apprendimento scolastico introduce qualcosa di nuovo nello sviluppo del bambino e, se si vuole scoprire i rapporti reali tra processo di sviluppo e capacità di apprendimento, bisogna individuare due livelli: un livello di sviluppo attuale e una zona di sviluppo prossimale. Il primo rappresenta il livello di sviluppo delle funzioni mentali di un bambino sulla base di ciò che è già in grado a fare da solo senza il supporto di un esperto. Spesso questo livello è considerato come l'unico sviluppo mentale e non viene preso in considerazione ciò che il bambino potrebbe riuscire a fare grazie a domande e stimoli iniziali da parte dell'insegnante o in seguito alla collaborazione con gli altri bambini. Per Vygotskij ciò che i bambini possono fare con l'assistenza di altri è ancora più significativo per il loro sviluppo mentale rispetto a ciò che riescono a fare da soli. A supporto della sua tesi, lo studioso considera il seguente esempio. Supponiamo di analizzare lo sviluppo

mentale di due bambini, entrambi di dieci anni, al momento dell'ingresso a scuola e supponiamo che entrambi siano in grado di risolvere da soli gli stessi problemi e quesiti, destinati in realtà a bambini più piccoli di loro. Si può immaginare, a questo punto, che il loro sviluppo mentale e il livello di apprendimento scolastico sarà lo stesso, perché dipenderà dal loro intelletto. Naturalmente, possono esserci tanti altri fattori da prendere in considerazione, ad esempio il primo bambino potrebbe essere stato malato per un anno e mezzo, mentre l'altro non si è mai assentato da scuola. Eppure è possibile che, grazie all'intervento di un adulto, il primo bambino riesca a risolvere quesiti destinati a bambini più grandi, mentre il secondo no. Se si verifica questa situazione, molto probabilmente il loro successivo percorso di apprendimento sarà diverso. Questa differenza tra ciò che il bambino riesce a fare da solo e ciò che riesce a fare con il supporto di un esperto è definita *zona di sviluppo prossimale*. È la distanza tra il livello di sviluppo effettivo in situazioni di problem solving senza il supporto di un esperto e il livello di sviluppo potenziale in situazioni di problem solving sotto la guida di un adulto (esperto) o in collaborazione con pari più esperti.

Possiamo quindi dire che, mentre il livello di sviluppo attuale di un bambino è dato dalle funzioni psichiche che il bambino ha già sviluppato, la zona di sviluppo prossimale, invece, è definita come l'insieme delle funzioni psichiche non ancora sviluppate, ma prossime allo sviluppo. Il primo è quindi uno sviluppo mentale retrospettivo, mentre il secondo è uno sviluppo mentale prospettico. In questo modo è possibile delineare in maniera dinamica lo stato di sviluppo mentale del bambino. L'apprendimento umano ha un carattere sociale specifico: colui che apprende cresce intellettualmente grazie alla partecipazione alla vita sociale e alle interazioni con coloro che lo circondano. I bambini possono imitare una varietà di azioni che vanno ben oltre i limiti delle proprie capacità e ciò è maggiormente evidente nell'insegnamento rivolto a bambini con ritardo mentale, che hanno difficoltà con il pensiero astratto. Questo tipo di insegnamento nel passato si è spesso basato sulla pratica e su metodi *look-and-do*. Eppure un insegnamento di questo tipo non ha portato a risultati positivi perché non è riuscito ad aiutare i bambini con ritardo mentale a superare le loro difficoltà innate, ma addirittura in alcune circostanze ha contribuito a rafforzarle. Bisogna, invece, spingere nella direzione di sviluppare le abilità intrinsecamente carenti nel proprio sviluppo. Analogamente, nei bambini

normodotati, un apprendimento orientato verso livelli di sviluppo già raggiunti è inefficace dal punto di vista dello sviluppo complessivo del bambino.

L'apprendimento, dunque, per Vygotskij, interviene nella zona di sviluppo prossimale, nel senso che attiva processi di sviluppo interni, già presenti allo stato embrionale che si azionano solo quando il bambino interagisce opportunamente con l'ambiente esterno e in collaborazione con i suoi pari. Questi processi, se interiorizzati, entrano a far parte dello sviluppo proprio del bambino. In quest'ottica, l'apprendimento non coincide con lo sviluppo, il quale è in ritardo rispetto al processo di apprendimento, ma adeguatamente organizzato lo favorisce. Il processo di sviluppo non termina, quindi, con l'apprendimento da parte del bambino del significato di una parola o di una operazione. Questo, anzi, è solo l'inizio del processo di sviluppo, che necessita la conversione dell'apprendimento in sviluppo mentale, ossia l'interiorizzazione di quanto appreso.

Per studiare i processi psichici superiori, Vygotskij ideò il *metodo della doppia stimolazione* (Vygotsky, 1986 p. 103). E' prevista una doppia serie di stimoli ai bambini posti in situazioni di problem solving: la prima serie consiste in attività legate alla situazione problematica e una seconda serie costituita da stimoli ausiliari e artefatti, che possono servire loro per la risoluzione di tale situazione cioè un collegamento tracciabile tra il mondo esterno e funzionamento psicologico interno. L'uso della seconda serie di stimoli rende accessibile i processi interni che restano nascosti quando le risorse esterne non sono mobilitate. In questo senso la doppia stimolazione è un metodo di oggettivazione dei processi psicologici interiori. (Sannino, 2015). Applicando il suo metodo, lo psicologo arrivò a dedurre che lo sviluppo psicologico nel suo insieme può essere descritto come un processo di interiorizzazione di mediatori simbolici esterni: un'attività inizialmente esterna viene ricostruita e interiorizzata e comincia a essere interna e un processo interpersonale si trasforma in uno intrapersonale. Per lo studioso, ogni funzione nello sviluppo culturale del bambino appare due volte: prima, sul piano sociale, e più tardi, a livello individuale; in primo luogo, tra le persone (interpsicologico), e poi all'interno del bambino (intrapicologico). Tutte le funzioni mentali superiori hanno origine da rapporti fra individui.

Le ricerche psicologiche di Vygotsky (1986) sono centrate anche e soprattutto sul rapporto fra pensiero e linguaggio. Per lo psicologo, le due funzioni, inizialmente sono separate. Vi è una fase iniziale del linguaggio, che svolge una funzione

sociale, di interazione con il mondo esterno. All'aumentare delle esperienze sociali, il bambino inizia ad utilizzare il linguaggio, non solo per comunicare, ma anche come supporto per la risoluzione di problemi interiori. Questa fase di interiorizzazione genera il linguaggio egocentrico, forma intermedia fra il linguaggio esteriore e quello interiore. Con il linguaggio egocentrico il bambino inizia a parlare a se stesso e la funzione di tale linguaggio, quindi, non è più di tipo sociale, ma è di natura intellettiva. Il linguaggio egocentrico viene, man mano interiorizzato, generando quello che è il linguaggio interiore o pensiero. Con l'interiorizzazione del linguaggio egocentrico, quindi, pensiero e linguaggio si incontrano e, in un certo senso si fondono. Da questo momento in poi si sviluppano insieme e, in particolare, il linguaggio, interagendo con il pensiero, ristrutturata tutte le funzioni psichiche.

2.2 Storytelling e Digital Storytelling

2.2.1 Storytelling e digital storytelling in didattica

Lo Storytelling è l'arte del narrare e soddisfa il bisogno di noi esseri umani di comunicare, di intrattenere e di auto-intrattenersi, di spiegare il mondo che ci circonda e di comunicare eventi o azioni dei nostri antenati (Pellowsky, 1977).

Haven, nel 2000, propose la seguente definizione di storytelling: "è l'arte di usare il linguaggio, la voce, e / o il movimento fisico e i gesti per rivelare gli elementi e le immagini di una storia ad un pubblico specifico" (Haven, 2000). Secondo lo studioso, "la narrazione è, da un lato, la modalità più semplice di comunicazione e, dall'altro, una potente forma d'arte".

Da un punto di vista educativo, Burrell definisce lo storytelling come "il modo naturale di insegnare" (Burrell, 1926). Haven evidenzia dieci vantaggi dello storytelling quale strumento educativo:

1. migliora e sviluppa le abilità di lettura, scrittura, ascolto e conversazione;
2. le informazioni acquisite attraverso la narrazione vengono più facilmente memorizzate;
3. è un potente strumento per una didattica interdisciplinare;
4. motiva gli studenti nell'apprendimento poiché favorisce la concentrazione;
5. migliora l'autostima;

6. sviluppa le capacità di immaginazione e di creatività;
7. coinvolge e diverte;
8. crea empatia e senso di connessione;
9. migliora le capacità analitiche e di problem-solving;
10. favorisce collegamenti con le comunità, nel senso che può introdurre i bambini a diverse tradizioni e mantenere vivo il patrimonio culturale dei diversi popoli.

Schank (1990), nei suoi studi di neuroscienze, conferma l'importanza delle modalità narrative nel processo di apprendimento. Sembra, infatti, ci sia un collegamento naturale tra il raccontare storie, lo sviluppo della cultura e il miglioramento delle competenze linguistiche orali e scritte. Il racconto, infatti, è considerato il fondamento del nostro modo di comprendere e concettualizzare il linguaggio (Haven, 2000). Tra i molti benefici psicologici ed educativi della narrazione, "la gioia drammatica che essa porta ai bambini e a noi stessi" è considerato da Baker e Greene (1987) come il più importante. Secondo i due studiosi, infatti, la narrazione ha un effetto positivo sullo sviluppo cognitivo e sociale del bambino, in quanto consente una migliore comprensione delle motivazioni e dei modelli di comportamento umano, aiutandolo a superare problemi psicologici.

Oggi, con lo sviluppo della tecnologia e di strumenti di comunicazione, la narrazione tradizionale è stata sostituita, in parte, da storie digitali (Condy et al., 2012). Il Digital Storytelling (DST) è la versione moderna dell'antica pratica di raccontare le storie, facendo uso di vari tipi di multimedia: audio, filmati, ipertesto, immagini e così via. Per Ohler è una modalità blended di raccontare le storie facendo uso della tecnologia (Ohler, 2007). Come descritto da Robin, nel suo articolo del 2008, il digital storytelling non è un'idea nuova (Robin, 2008): infatti, già alla fine del 1980, Joe Lambert e Dana Atchley sono stati co-fondatori del Centro di Digital Storytelling (CDS), un'organizzazione no-profit, nata a Berkeley, in California, con lo scopo di fornire formazione e assistenza a persone interessate a creare e condividere i loro racconti personali. Gli insegnanti hanno la possibilità di mostrare ai propri studenti storie digitali precedentemente create per introdurre nuovi concetti e per catturare l'attenzione degli allievi. Integrando, infatti, immagini e testo scritto, gli studenti riescono a comprendere meglio e più rapidamente (Burmark, 2004). Robin evidenzia come l'utilizzo del digital storytelling nell'insegnamento risulti

particolarmente utile non solo nel coinvolgere gli studenti sui contenuti, ma anche e soprattutto per facilitare la discussione sui temi presentati sotto forma di storia.

Il Digital Storytelling favorisce lo sviluppo della creatività e un apprendimento attivo, nonché la capacità di comunicare in un contesto interdisciplinare (Botturi, Bramani e Corbino, 2012), migliorando il pensiero riflessivo, analitico, critico e favorendo lo sviluppo di competenze digitali (Nixon, 2009). L'utilizzo di storie digitali nella didattica consente di inquadrare una disciplina come inserita in un contesto culturale, storico ed emotivo, secondo una modalità di apprendimento che Lave e Wenger definiscono *situato*, che coinvolge attivamente il soggetto che apprende, il quale interagisce con gli altri membri e con la situazione circostante (Lave e Wenger, 1991).

Una delle potenzialità maggiori dello storytelling e del digital storytelling è riuscire ad integrare il pensiero logico-scientifico e il pensiero narrativo. A tal proposito, lo psicologo Bruner, nel suo libro *Actual Minds, Possible Worlds*, del 1986 (Bruner, 1986), evidenzia una complementarità tra i due tipi di pensiero e sottolinea come la centralità del pensiero narrativo nella vita quotidiana lo renda una risorsa formidabile per lo sviluppo del pensiero logico.

Il pensiero logico-scientifico è un pensiero, formale, che non accetta convinzioni o credenze, che è riflessivo e va alla ricerca di fondamenti, giustificazioni e implicazioni, per accettare un'idea o un concetto. Tale pensiero ci consente di risolvere la maggior parte dei problemi pratici quotidiani. Tuttavia, per lo psicologo, il pensiero, in generale, svolge il ruolo di strutturare i dati e il linguaggio quello di associarli. E' il linguaggio che dà all'individuo la possibilità di narrare e di narrarsi ed è quindi, grazie al linguaggio, che l'individuo riesce a dare un significato al mondo che lo circonda e a costruire la propria identità. Più precisamente, l'individuo prende contatto con il mondo attraverso l'azione e, successivamente, lo rappresenta, in primo momento attraverso le immagini e in secondo momento attraverso il linguaggio, per mezzo del quale crea una rappresentazione indipendente dall'azione. Alla narrazione e ai suoi "espedienti retorici", come la metafora, non si può attribuire il valore di vero o falso e, per questo motivo, è lo strumento privilegiato dalla umana creatività e, da questo punto di vista, il fondamento del pensiero umano. Per lo studioso, quindi, ad un pensiero paradigmatico, necessario per affrontare e superare le sfide quotidiane, si affianca un pensiero narrativo, fatto di immagini, che funziona per analogia e per somiglianze, che permette la costruzione

delle categorie del contesto e della dimensione personale di ciascun individuo e che consente di riflettere sull'esperienza. Per Bruner, quindi, il pensiero paradigmatico (analitico e razionale) e il pensiero narrativo (intuitivo e creativo) risultano essere entrambi necessari per lo svolgimento di una qualsiasi attività cognitiva, essendo, il secondo, una formidabile risorsa per lo sviluppo del pensiero logico. In quest'ottica, l'utilizzo della narrazione nella didattica della matematica e in particolare, l'idea di presentare allo studente problemi matematici inseriti in un contesto storia è, più che mai, necessaria per stimolare nello studente opportuni processi cognitivi.

2.2.2 Storytelling e digital storytelling in didattica della matematica

Rina Zazkis e Peter Liljedahl, nel loro libro *Teaching Mathematics as Storytelling*, del 2009, evidenziano come il raccontare storie non sia una metodologia molto utilizzata nelle classi di matematica. La maggior parte delle lezioni di matematica, infatti, sono caratterizzate da brevi spiegazioni da parte del docente, seguite da una serie di esempi che gli studenti poi imitano nel proprio lavoro. Eppure, lo storytelling in matematica, oltre a tutti i benefici già evidenziati da Haven, ha tanti ulteriori vantaggi (Zazkis & Liljedahl, 2009) e, in particolare:

- è utile per introdurre e spiegare concetti difficili in modo coinvolgere e facilmente memorizzabile;
- riesce a portare un elemento umano ad una disciplina troppo spesso percepita come tecnica e arida;
- crea un'atmosfera creativa e di intrattenimento nelle classi di matematica.

I due studiosi mettono in evidenza come le storie possano essere utilizzate in matematica con diversi scopi: per creare una cornice al problem solving, per creare intrecci tra situazioni problematiche, per introdurre concetti difficili, per spiegare o per porre domande (Zazkis & Liljedahl, 2009).

Rosetta Zan, nel suo articolo del 2012, chiarisce che, nel momento in cui un problema matematico è inserito in un contesto storia, se la situazione descritta nel contesto è scelta con attenzione, tale rappresentazione richiama le conoscenze dell'allievo e attiva le opportune modalità per costruire una soluzione. La rappresentazione, cioè la comprensione del problema, risulta fondamentale poiché spesso il processo risolutivo da parte dello studente si arena proprio in questa fase,

per cui risulta difficile per l'insegnante capire se ci sono difficoltà o meno anche a livello di processi risolutivi (Zan, 2012).

La studiosa evidenzia come i problemi verbali richiedano una rappresentazione diversa rispetto ai problemi inseriti in un contesto storia. Più specificamente, nel caso di problemi verbali, la fase di rappresentazione richiede l'utilizzo di competenze linguistiche coinvolte nella comprensione di un testo: la conoscenza del significato delle parole presenti nel testo, il cosiddetto *dizionario*, e il possesso di un'adeguata conoscenza delle cose del mondo, l'*enciclopedia*, necessaria soprattutto per cogliere i numerosi impliciti presenti nel testo (Zan, 2007). Nel caso, invece, di problemi inseriti in un contesto storia, in cui l'evento si svolge nel tempo, con personaggi che compiono azioni finalizzate a uno scopo, oltre alle competenze linguistiche necessarie per comprendere un testo qualsiasi, la comprensione di una storia richiede l'attivazione del pensiero narrativo (Bruner, 1986), che consente di comprendere le persone, le loro intenzioni e i loro sentimenti. Per Zan, se il problema matematico nasce in modo naturale nella storia, da un lato la comprensione della storia risulta essenziale per comprendere il problema e, dall'altro, la conoscenza enciclopedica dell'allievo, evocata dalla storia, favorisce la comprensione e la soluzione del problema matematico. La studiosa, nel suo articolo del 2011 (Zan, 2011), riprende alcune proprietà della narrazione, evidenziate da Bruner (1986), e le utilizza per definire il suo modello C&D (Contesto e Domanda) che permette di creare e/o analizzare il testo di problemi-storia che permettano la corretta integrazione del pensiero logico-scientifico e del pensiero narrativo. Questo modello prevede, in particolare, che la narrazione si svolga nel tempo degli eventi significativi per i personaggi della storia. Ne segue che, nei problemi in cui manca la dimensione temporale, non si può parlare di storia. C'è la necessità, inoltre, di almeno cinque elementi: un *attore* che compie un'*azione* con un certo *strumento*, per raggiungere uno *scopo* in una determinata *situazione*. In una storia, quindi, c'è sempre un personaggio animato che agisce in funzione di uno scopo. Risulta importante, inoltre, rendere problematica la situazione o il raggiungimento dello scopo dei personaggi, poiché ciò favorisce la comprensione della richiesta da parte dello studente. Gli scopi dei personaggi devono essere verosimili, e deve essere verosimile anche il collegamento fra tali scopi e le azioni compiute, per comprenderne il contesto. Tale comprensione non coincide con la risoluzione del

problema, ma permette allo studente di costruire la rappresentazione della storia che è alla base dei processi risolutivi.

Zan osserva che, quando poniamo un quesito matematico utilizzando la modalità storia, oltre al contesto, c'è un altro elemento importante da prendere in considerazione, ossia la domanda. Da questa struttura 'contesto + domanda' segue che, per comprendere un quesito (problema) bisogna comprendere sia il contesto (la storia) e sia la domanda. Più è forte il collegamento fra la domanda e storia narrata tanto più la comprensione della storia favorirà la comprensione della domanda. Solitamente, nei problemi standard scolastici, c'è una *frattura narrativa*, ossia la domanda è sul contesto, non nasce nel contesto e non fa riferimento alla storia narrata. In questo modo si rompe la continuità con la storia rendendo la storia stessa inutile o addirittura dannosa, cioè l'immedesimarsi troppo nella storia può allontanare lo studente dalla comprensione del problema e, dunque, dalla sua risoluzione. Per Zan, dunque, "se la domanda finale non emerge narrativamente dalla storia, gli allievi che affrontano il problema con un approccio narrativo tenderanno a rispondere a una domanda suggerita dalla storia, oppure, in mancanza di una domanda naturale, cercheranno di completarla" (Zan, 2012, p. 441).

Per creare un legame forte tra contesto e domanda, quindi, quest'ultima deve riferirsi al raggiungimento di uno scopo che emerge in maniera naturale e chiara dalla storia. Se lo scopo è evidente e comprensibile, allora anche la domanda lo sarà. Bisogna precisare, però, che la presenza di uno scopo non basta a garantire un collegamento naturale della storia con la domanda. Perché questo avvenga, è necessario che la storia sia aperta e la risposta alla domanda suggerisca una sua possibile evoluzione, a partire da quella già narrata. Se la storia è chiusa, ossia se si limita a descrivere fatti già successi, non vi è spazio per possibili evoluzioni e, in questo caso, la domanda sarà artificiosa e fatta non nel contesto ma sul contesto. Invece "il problema matematico da risolvere deve scaturire in modo naturale e diretto dal contesto, e non essere invece posto in modo artificioso nel contesto stesso" (Zan, 2012, p. 452).

Un personaggio, dunque, oltre ad avere uno scopo, lo deve inseguire, ossia è fondamentale che lo scopo non sia stato ancora raggiunto, ma che ci sia un progetto da realizzare e che per raggiungere lo scopo ci sono una serie di ostacoli da superare: "Nel contesto ci deve quindi essere un personaggio che vuole o deve

raggiungere uno scopo” e “all’interno della storia tale scopo non deve essere stato ancora raggiunto” (Zan, 2012, p. 452). In questo modo si crea una crisi e la comprensione della storia suggerisce in modo naturale la domanda per risolvere la crisi. In questo modo la storia resta aperta e i protagonisti possono incidere sugli eventi, fare scelte e prendere decisioni che ne modificano il corso: “Conoscere la risposta alla domanda deve servire a un personaggio (il protagonista del problema) per raggiungere il suo scopo” (Zan, 2012, p. 452).

Il modello C&D può essere schematizzato nella seguente Figura 1:

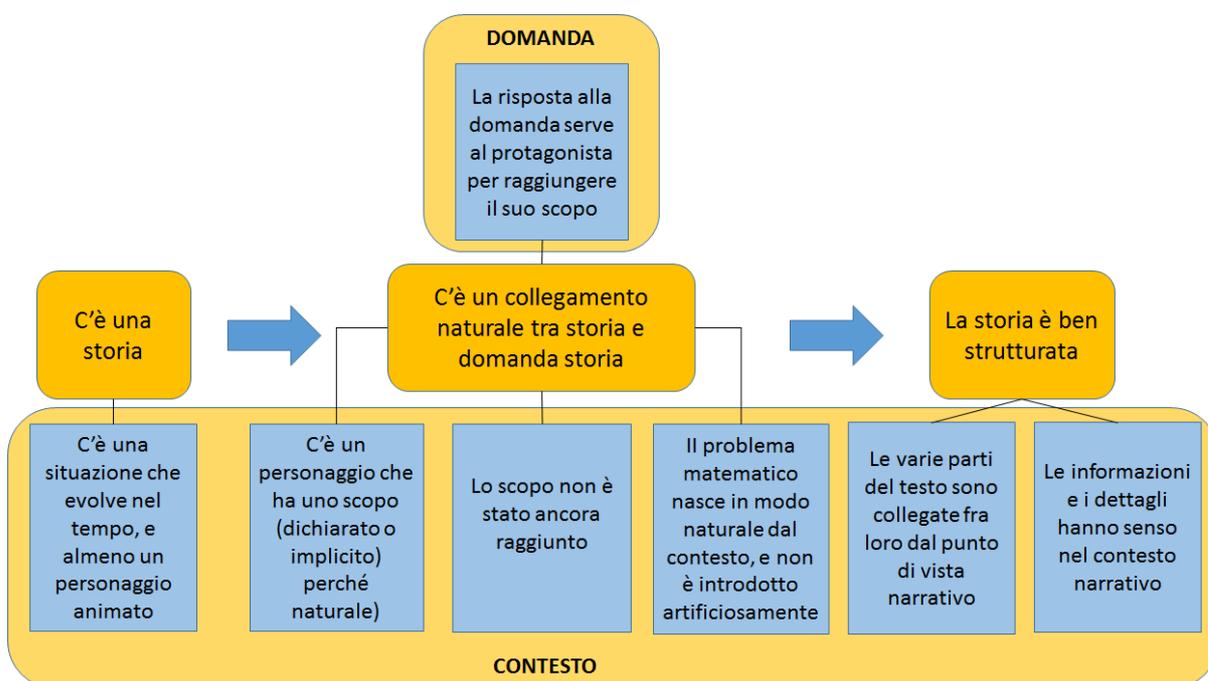


Figura 1: Modello C&D di Zan

Questo modello C&D presuppone che il problema matematico sia già ben strutturato e descrive il modo in cui è possibile renderlo un *problema a righe*, in cui c'è integrazione tra la storia narrata e la domanda posta. In un *problema a quadretti*, invece c'è separazione fra la comprensione della storia e il processo matematico di risoluzione.

Realizzare problemi-storia digitali in matematica, rispettando il modello C&D di Zan, è auspicabile per sfruttare, oltre ai vantaggi della narrazione, anche i vantaggi della storia digitale. Tuttavia, le esperienze in letteratura sull'utilizzo dello storytelling e del digital storytelling in didattica della matematica non sono molte.

Guidoni, Mellone e Minichini (2013) utilizzano la narrazione, in un'attività sul contare, rivolta a bambini della prima classe della scuola primaria, e disegnata combinando pensiero logico e pensiero narrativo (Bruner, 1986).

Petrucco et al. (2010), nel loro articolo del 2010, descrivono un lavoro svolto all'interno di una comunità di pratica, il cui obiettivo è stato quello di facilitare l'apprendimento di un argomento di matematica (introduzione alle potenze) a ragazzi di scuola secondaria di primo grado. Al termine del progetto osservano un netto miglioramento nelle prestazioni della classe sperimentale e un aumento considerevole dell'interesse e della motivazione degli studenti.

Albano e Pierri (2014) utilizzano il digital storytelling con l'obiettivo di migliorare le competenze degli studenti in ambito matematico e presentano un modello che tiene conto sia delle caratteristiche pedagogiche della narrazione, sia di quelle specifiche della didattica della matematica.

Starcic e colleghi, nel loro articolo del 2016, descrivono un'esperienza di digital storytelling in matematica con docenti in formazione della scuola dell'infanzia e primaria. Gli studiosi descrivono come, nella fase iniziale, i futuri docenti hanno avuto preoccupazioni riguardo all'insegnamento supportato dal computer ed erano a favore, invece, di attività tradizionali che favorivano la manipolazione di oggetti materiali. Alla fine del corso i docenti-studenti hanno convenuto che la creazione di storie da parte dei bambini risulta stimolante per i genitori, gli insegnanti e soprattutto per i bambini stessi perché le storie sono espressioni autentiche del vissuto del bambino e della sua immaginazione. In quest'ottica la narrazione digitale potrebbe fornire una metodologia per meglio affrontare problemi matematici (Starcic et al., 2016).

2.3 Collaboration script

Molte sono le ricerche che evidenziano come l'apprendimento collaborativo possa risultare efficace per favorire un pensiero critico e migliorare la capacità di problem solving, sia in modalità di apprendimento in presenza (Cobb, 1988; King, 1989; Webb, 1989; Webb & Palincsar, 1996) e sia in ambienti digitali di apprendimento (Weinberger, Fischer, e Mandl, 2002). Gli studenti, coinvolti nella collaborazione, elaborano e condividono conoscenze con i pari e, in questo modo, diventano abili ad applicare le specifiche competenze e a sviluppare, altresì, motivazione,

autostima e competenze sociali (Johnson & Johnson, 2002; Lave & Wenger, 1991; Vygotsky, 1980). I pari negoziano verbalmente con gli altri le strategie di risoluzione dei compiti, al fine di sviluppare competenze individuali. In tal modo, i processi di interazione tra studenti sono strettamente legati a processi di apprendimento individuali in *spirali di reciprocità* (Salomon e Perkins, 1998). La collaborazione tra pari esige che questi comunichino tra loro portando alla costruzione di spiegazioni e argomentazioni e nel fare questo gli studenti abbozzano e successivamente ristrutturano la loro conoscenza individuale. Il ricevere spiegazioni e argomentazioni dai loro pari li spinge a replicare e a costruire nuove argomentazioni (contro-argomentazioni) e gli studenti, in processi di questo tipo, sono in grado di acquisire competenze individuali che consentono loro di svolgere attività cognitive di livello superiore (Schwarz, Neuman, & Ilya, 2003).

Dal punto di vista cognitivo, l'apprendimento è definito come un cambiamento che si realizza ogni qual volta nuove conoscenze si integrano con conoscenze pregresse. In un'ottica socio-cognitiva (Mugny & Doise 1978, Vygotsky, 1980), questo cambiamento è fortemente influenzato dall'interazione con gli altri. Tuttavia, alcune tipologie di interazione sono più efficaci rispetto ad altre, nel favorire l'apprendimento. Ad esempio, spiegare il proprio ragionamento e supportare i compagni nelle attività di problem solving favorisce maggiormente l'apprendimento rispetto al ricevere spiegazioni (Webb, 1989) o la risposta esatta ad un quesito.

Se da un lato, dunque, l'interazione favorisce l'apprendimento, dall'altro è ben noto che la collaborazione tra gli studenti non avviene in maniera spontanea, ma è un'attività che deve essere proposta in maniera esplicita (Bell, 2004; Britton et al., 1990; Cohen, 1994; King, 1994; King & Rosenshine, 1993; Kuhn, 1991; Laurillard, 2013). Inoltre, fornire semplici istruzioni agli studenti per avviarli ad un'attività di gruppo garantisce soltanto una collaborazione ad un livello base (Vedder, 1985; Webb, Ender, e Lewis, 1986). Per questo motivo è necessario disegnare e strutturare in maniera opportuna le attività affinché l'interazione tra gli studenti produca effettivo apprendimento. Per fare questo è necessario stabilire i ruoli dei partecipanti e il susseguirsi dei compiti, regolando in questo modo l'interazione all'interno dei gruppi che collaborano per indurre opportuni processi cognitivi (Dansereau, 1988; King, 1997).

Per supportare la progettazione di attività collaborative, i ricercatori in didattica hanno cominciato a far uso di un costrutto denominato *collaboration script*, che

regola e struttura i ruoli e le interazioni dei discenti durante l'apprendimento collaborativo perché l'apprendimento abbia successo. Questo costrutto è stato ispirato dalla psicologia cognitiva, dove lo *script* è una struttura di memoria interna che corrisponde ad una sequenza di azioni che definiscono una situazione ben nota (Schank e Abelson, 1977), dove vi è una conoscenza socialmente condivisa dei ruoli e delle procedure da seguire. Si tratta di costrutti cognitivi che aiutano gli individui a comprendere eventi dinamici e ad agire in maniera significativa in corrispondenza di tali eventi (Kolodner, 2007; Schank & Abelson, 1977). Per esempio, lo script "andare in un ristorante" prevede: sedersi, guardare il menù, ordinare, mangiare, pagare. Nello script ogni attore ha un ruolo specifico e alcune azioni specifiche da compiere e, una volta in memoria, può essere attivato quando l'individuo si trova in una situazione simile e lo può guidare. Lo script svolge un ruolo utile nel ridurre il carico cognitivo, in modo da consentire all'individuo di concentrarsi su ciò che è importante in una interazione (Dansereau, 1988) e ha lo scopo di uno script interno è quello di guidare l'individuo nel compimento di azioni in una specifica situazione sociale. Si tratta di una struttura di memoria, residente internamente all'individuo, e creata dall'individuo astraendo l'essenza di una situazione sociale a partire da esperienze esterne ripetute.

Tale costrutto è utilizzato in contesto educativo, soprattutto in ambienti digitali, ma con un significato un po' diverso. In questo contesto, lo *scripting* è usato in senso più ampio per descrivere una strutturazione esterna dell'apprendimento collaborativo. Lo script esterno è progettato in modo che i ruoli dei partecipanti, impegnati nelle attività, e la sequenza di azioni, favoriscano specifici processi cognitivi, socio-cognitivi e metacognitivi (King, 2007). Lo scopo di uno script esterno, in contesto educativo, è quello di coinvolgere gli studenti, attraverso specifici ruoli ed attività per favorire l'apprendimento. Inizialmente lo script è esterno al singolo, ma ci si aspetta che, nel tempo, venga interiorizzato attraverso la pratica, in un'ottica vygotkiana (Vygotsky, 1980). Secondo un punto di vista vygotkiano, infatti, le azioni, i ruoli e le eventuali istruzioni possono essere interiorizzate come linguaggio interno e poi utilizzate dallo studente in situazioni simili attraverso azioni autonome (Rogoff, 1990; Vygotsky, 1980). A tal proposito, il termine *internal collaboration script* spesso si riferisce a una versione interiorizzata di uno script esterno (King, 2007). L'apprendimento collaborativo mediante uno script esterno risulta efficace solo se lo script viene interiorizzato; altrimenti ci troviamo di fronte ad una ripetizione

di azioni imposte dall'esterno e riprodotte, senza effettivo apprendimento. Tuttavia, non tutti gli script esterni vengono interiorizzati, ma l'interiorizzazione è più facile da osservare quando lo script è utilizzato su un lungo periodo.

Il termine *collaboration script* è spesso utilizzato per descrivere l'apprendimento collaborativo in ambienti supportati dal computer (CSCL) (Weinberger, et al., 2002) in cui la collaborazione è in parte o totalmente mediata dal computer. I computer, infatti, possono supportare un apprendimento collaborativo mediante una serie di strumenti di comunicazione e collaborazione, come la chat, il forum, il wiki, e spazi virtuali attraverso i quali gli studenti possono condividere risorse. Così, attualmente il termine *collaboration script* è usato per riferirsi ad un apprendimento collaborativo esternamente strutturato (da un docente, da un ricercatore o da un facilitatore) e supportato dal computer. In tali ambienti (Weinberger et al., 2009), infatti, la necessità di pre-strutturazione e regolare i processi sociali e cognitivi è molto più evidente rispetto ad ambienti in presenza. Gli script collaborativi supportati dal computer sostengono specifici processi di apprendimento collaborativo e forniscono agli studenti istruzioni più o meno dettagliate riguardanti il tipo e la sequenza delle attività da svolgere e i ruoli che sono chiamati ad assumere nella fase di collaborazione (Kollar et al., 2006).

Va osservato, però, che per periodi di tempo lunghi, gli script esterni possono diventare ridondanti o addirittura non funzionali quando non sono dinamicamente adattati alle esigenze degli studenti nelle fasi di apprendimento collaborativo. Questo adattamento dinamico potrebbe essere realizzato da docenti che monitorino continuamente le attività, dagli stessi studenti che potrebbero essere lasciati liberi di decidere che tipo di supporto di script selezionare o da un software che potrebbe proporre script a docenti o studenti sulla base di un'analisi automatica di modelli di interazione dei discenti (Dönmez et al., 2005).

Il vero obiettivo dei *collaboration script* è quello di promuovere l'auto-regolazione negli studenti (King, 2007). Il passaggio dalla etero-regolazione all'auto-regolazione può essere concettualizzato come una progressiva interiorizzazione dello script. In seguito a questa interiorizzazione, gli studenti diventano sempre più individui auto-guidati con la capacità di risolvere problemi essendo consapevoli e capaci di gestire le proprie risorse interne.

2.3.1 Processi cognitivi, metacognitivi e socio-cognitivi nell'apprendimento collaborativo

I *processi cognitivi* di pensiero e di apprendimento (intuizione, memoria, attenzione, conoscenza, ...), avvengono all'interno dell'individuo, così come *i processi metacognitivi* (monitoraggio, regolazione e valutazione del proprio pensiero e apprendimento, ...). Si tratta, dunque, in entrambi i casi, di processi individuali. I *processi socio-cognitivi*, invece, sono indotti da attività sociali in cui gli studenti supportano il loro pensiero collaborativo e l'apprendimento in una costruzione condivisa della conoscenza (Mugny & Doise, 1978; Vygotsky, 1980). Essi nascono sempre in un contesto sociale, reale o virtuale e, quindi, sono processi esterni che si verificano al di fuori dei singoli, realizzati attraverso l'interazione.

Tutti e tre i tipi di processo coinvolgono il pensiero e intervengono in maniera congiunta durante l'apprendimento collaborativo. Nelle attività di interazione e in quelle individuali, infatti, gli studenti continuamente ragionano, spiegano e argomentano, e ciò comporta una modifica del proprio modo di pensare e una ristrutturazione della conoscenza individuale (singoli processi cognitivi). Allo stesso tempo c'è la costruzione di conoscenza, frutto di una negoziazione di significato con l'altro (processi socio-cognitivi) e il prodotto di tale negoziazione è, in maggiore o minore misura, interiorizzato da ciascuno studente individualmente (Rogoff, 1990). In generale, con il termine apprendimento collaborativo, si indicano attività di apprendimento in cui vengono indotti processi socio-cognitivi. Questo implica una distinzione importante tra apprendimento collaborativo e cooperativo, in quanto l'apprendimento cooperativo comporta attività diverse per ciascun partecipante e una distribuzione del lavoro con poche attività da svolgere insieme. I processi socio-cognitivi, invece sono indotti dalle attività svolte insieme al gruppo e dunque, indotti da un apprendimento collaborativo e non cooperativo.

Le attività di apprendimento efficaci sono quelle che inducono processi sia cognitivi, sia metacognitivi e sia socio-cognitivi rilevanti nei partecipanti. Non basta ripetere un'attività affinché l'apprendimento sia efficace. Se l'attività viene ripetuta più volte, ci sarà sicuramente memorizzazione, ma la ricerca mostra che un apprendimento complesso è riconducibile ad attività che vanno oltre la semplice memorizzazione. Un collaboration script è in grado di indurre processi cognitivi, metacognitivi e socio-

cognitivi di livello superiore negli studenti. Il “pensare ad alta voce” (thinking aloud) durante le interazioni è, ad esempio, un’attività che pone le basi per un apprendimento di livello superiore (King, 2007). Consente, infatti, ai membri di un gruppo di rispondere, mostrare eventuale disaccordo, fornire prove o esempi, o giustificare il proprio ragionamento. Il thinking aloud all’interno di gruppo può dare origine a potenti attività di apprendimento, come la spiegazione, che per King va ben oltre la descrizione di un procedimento. Colui che spiega risponde a domande del tipo “perché” e “come” piuttosto che descrivere il “cosa” (King, 1997). Favorisce l’apprendimento in colui che la riceve (Webb, 1989), ma soprattutto in colui che la fornisce poiché richiede innanzitutto una vera comprensione da parte di chi sta spiegando il quale deve tenere sotto controllo la connessione tra il concetto che sta spiegando e le conoscenze pregresse di colui che riceve la spiegazione. Colui che spiega, quindi, deve tradurre l’informazione in termini più familiari all’interlocutore e ciò aumenta la comprensione in colui che sta spiegando poiché lo costringe a chiarire concetti ed a riorganizzare la propria conoscenza (Vygotsky, 1980; Webb, 1989). Durante l’apprendimento collaborativo, nel momento in cui uno studente fornisce spiegazioni ai propri compagni e la spiegazione man mano si completa perché costruita in maniera congiunta, l’attività di spiegazione diventa un’attività di collaborazione che induce processi socio-cognitivi.

Il thinking aloud, secondo King, favorisce anche il porre domande e il rispondere alle domande in contesti di apprendimento. Queste sono attività che aiutano ad acquisire conoscenze e supportano la comprensione, ma sono, tuttavia, attività che richiedono poco sforzo cognitivo. Per indurre processi cognitivi significativi, di livello superiore, le domande devono essere sufficientemente stimolanti (King, 2007), in modo da spingere gli studenti a ricostruire le informazioni acquisite attraverso collegamenti tra la nuova conoscenza e la conoscenza pregressa, facendo inferenze e generalizzazioni. Secondo le teorie di elaborazione delle informazioni, domande e risposte stimolanti creano reti cognitive complesse che collegano le nuove idee alle idee già acquisite e queste rappresentazioni cognitive vengono facilmente memorizzate.

Il thinking aloud porta anche lo studente ad argomentare (King, 2007) e l’argomentazione, sebbene ha come scopo principale quello di convincere se stessi e gli altri, può anche essere utilizzata per esplorare un problema e giungere ad una sua comprensione più profonda (Wright, 1995). Nelle attività di collaborazione,

quando uno studente fa una affermazione (ad esempio fa un'ipotesi o fornisce una spiegazione), questa suscita la necessità negli altri di una prova che supporti tale affermazione (Kuhn, et al., 1997). Per questo motivo, l'attività di collaborazione supporta lo sviluppo di competenze argomentative poiché offre l'opportunità di confrontarsi e valutare diverse conclusioni, teorie e argomentazioni. Durante le attività di interazione verbale, gli studenti spesso negoziano significati e giungono ad una concettualizzazione più profonda a supporto della propria argomentazione e questa attività argomentativa può favorire l'apprendimento poiché i significati costruiti in maniera congiunta possono essere interiorizzati da ciascuno (Kuhn, et al., 1997). C'è da precisare che, se da un lato, l'apprendimento collaborativo favorisce lo sviluppo di capacità argomentative, dall'altro, senza supporti specifici, attività argomentative spontanee non sono efficaci (Kuhn, 1991). L'interazione durante l'apprendimento collaborativo deve, quindi, essere strutturata per guidare gli studenti durante le attività argomentative.

Secondo King, il thinking aloud porta anche a riflettere sulle discrepanze concettuali tra gli studenti (King, 2007). Durante l'interazione, infatti, le differenze di opinioni tra gli studenti portano ciascuno a interrogarsi sulla comprensione personale o addirittura sulla personale preparazione di base. Quando gli studenti si interrogano su queste discrepanze concettuali, essi sperimentano un conflitto cognitivo interno che può portare lo studente ad interagire ulteriormente con gli altri, per risolvere tale conflitto. Ciò può dar luogo a una serie di altri processi cognitivi, metacognitivi e socio-cognitivi poiché i membri di ciascun gruppo devono precisare in maniera chiara la propria posizione, spiegare le proprie idee, difendere i propri punti di vista e riconoscere le lacune personali. Altri membri del gruppo possono fare lo stesso e ciò crea all'interno del gruppo un conflitto socio-cognitivo (Mugny & Doise, 1978). Nel tentativo di comprendere le rispettive idee e punti di vista, i membri del gruppo giungono ad un significato condiviso (Roschelle, 1992) e la conoscenza, costruita in maniera congiunta come prodotto dell'interazione può essere interiorizzata da ciascuno e generare apprendimento.

Il thinking aloud, sempre per King (2007), favorisce anche una modellizzazione del comportamento di ciascuno studente. Infatti, durante le attività collaborative, gli studenti osservano e imitano i loro coetanei, dai quali possono apprendere nuove strategie cognitive modellando il proprio modo di ragionare, il proprio stile di

argomentare e le proprie strategie di problem solving su quelli degli altri membri del gruppo (King, 2007).

Il thinking aloud, descritto da King nel suo articolo del 2007, è legato ad un collaboration script face-to-face piuttosto che computer-supported. È comunque facilmente trasferibile ad un ambiente computer-supported dove può essere realizzato attraverso strumenti di collaborazione come chat, forum o wiki.

2.4 Personalizzazione dell'apprendimento

L'attuale contesto storico esige, in prima istanza, che la scuola garantisca l'assolvimento del compito irrinunciabile dell'alfabetizzazione, tanto primaria, tanto secondaria. Ciò risulta imprescindibile per consentire agli uomini e alle donne di domani di sapersi orientare e far fronte a cambiamenti sociali e culturali.

Si pone, in seconda istanza, la necessità di riconoscere fondamentale rilievo anche all'elemento dell'uguaglianza delle opportunità formative, al fine di assicurare una scuola che sia autenticamente democratica. L'istanza di favorire il raggiungimento di determinati livelli di conoscenza e abilità, adeguati, da parte di tutti, risulta fondamentale per garantire quelle competenze di base, tali da assicurare pari dignità intellettuale, etico-sociale e politica.

È fondamentale, in terza istanza, valorizzare le differenze personali. Con questo proposito, si intendono promuovere tipi diversi di potenzialità individuali, in relazione ai diversi generi di talenti presenti.

Risulta necessaria la connessione, seppure parziale, delle istanze richiamate, evitando, infatti, una loro considerazione alternativa (Baldacci, 2005). È proprio nella loro complementarietà che la scuola fa fronte alle sfide dell'istruzione con due sistemi di finalità.

Il primo si riconduce al *modello delle competenze di base*, basato sulla connessione tra la qualità dell'istruzione e l'uguaglianza formativa. Con esso si intende "assicurare a tutti gli alunni livelli di padronanza elevati, o comunque pienamente adeguati, delle competenze fondamentali dei curricula formativi" (Baldacci 2005, p. 12). Tratto significativo di questo modello è quello di permettere che concetti fondamentali e competenze di base, inerenti a vari campi del sapere, siano acquisite da tutti, in modo che ne comprendano la logica sottesa e imparino ad usarli. Non si

esige che tutti sappiano le stesse cose, quanto che certe cose siano sapute da tutti. Nell'ambito di questo modello, i limiti di educabilità dell'individuo si collocano all'esterno, ovvero nell'ambiente di apprendimento e nelle sue modalità organizzative o dipendono, comunque, dalla relazione tra fattori interni (caratteristiche dell'alunno) ed esterni (modalità di trattamento didattico). È in questo modello che risulta centrale la categoria didattica della *personalizzazione convergente* (Baldacci, 2005), rispetto alla quale la differenziazione dei percorsi formativi e le soluzioni tecniche programmate e opportunamente diversificate consentono a tutti il perseguimento di traguardi formativi comuni.

Il secondo modello è, invece, il *modello dei talenti personali*. Questo modello si distingue da quello precedentemente analizzato perché "le abilità perseguite non sono riferite direttamente alla struttura dei saperi, ma all'architettura della mente" (Baldacci 2005, p. 14). Questa prospettiva si fonda sul legame tra la qualità dell'istruzione e la promozione dei talenti individuali, permettendo lo sviluppo di una personale forma di eccellenza cognitiva. I limiti di educabilità sono interni al soggetto stesso, in questo caso, inerenti cioè il suo patrimonio genetico. La singolarità ed il talento, che questo modello mira a promuovere, trova la propria espressione nella *personalizzazione divergente* (Baldacci, 2005), ovvero nella diversificazione degli obiettivi formativi, in funzione della promozione delle potenzialità individuali.

Claparède, all'inizio del secolo, nella conferenza pubblicata col titolo "L'école sur mesure" (Claparède, 1953), osserva come le differenze individuali non sono solo di natura quantitativa, manifestandosi in questo caso in disuguaglianze, ma anche di natura qualitativa, corrispondendo in questo caso a diversità. Rispetto alla valorizzazione delle diversità è suggerita l'opportunità di affiancare ad un programma minimo, valevole per tutti, un sistema di opzioni tra le quali l'educando possa scegliere, che sia corrispondente alle proprie inclinazioni ed attitudini. Perché ciò sia possibile, Claparède si rimette alle potenzialità del processo di individualizzazione secondo due tipologie, ovvero ponendo le basi per le categorie dell'individualizzazione in senso stretto e per la personalizzazione.

Sempre sul piano dei contributi scientifici in materia, per l'individualizzazione in senso stretto si richiama Bloom (1979), che si mostra sensibile ad una cultura didattica tesa a garantire a tutti l'apprendimento di competenze di base, purché si fornisca ad ogni studente l'approccio didattico adeguato ed il tempo necessario. Rispetto, invece, alla personalizzazione, la risonanza della nota teoria delle

intelligenze multiple dello psicopedagogo americano Gardner (1987) sembra rievocare l'idea di scuola su misura di Claparede, dove è indispensabile diversificare i traguardi formativi in relazione alle potenzialità mentali dell'alunno, aiutando ciascuno a sviluppare forme individuali di eccellenza cognitiva.

La questione sottesa al ricorso alternativo tra personalizzazione convergente e divergente conduce ad aprire una parentesi riflessiva sui piani di studio personalizzati. Rispetto ad essi, si osserva che in passato l'offerta formativa connessa poneva l'accento sul concetto di personalizzazione convergente (nel senso di permettere a tutti il conseguimento di traguardi comuni), senza tuttavia disattendere esigenze di personalizzazione divergente dei percorsi (ovvero conseguire traguardi relativi alle potenzialità personali). Progressivamente, l'attenzione sembra sposarsi sempre più incisivamente verso la personalizzazione divergente, assecondando l'esigenza di valorizzare al meglio le dotazioni individuali. Essendo tutti gli individui diversi tra loro, personalizzare vuol dire potenziare le capacità che contraddistinguono in positivo ciascuno (Baldacci, 2005).

Occorre, però, confrontarsi correttamente con le categorie didattiche della personalizzazione convergente e divergente per evitare uno sbilanciamento nell'uno o nell'altro senso e correre il rischio di una unilateralità didattica, a detrimento da un lato dell'uguaglianza delle opportunità formative, dall'altro dello svilimento delle dotazioni e dei talenti individuali. In tal senso, se la personalizzazione convergente corrisponde largamente con una forma di individualizzazione, la personalizzazione divergente corrisponde a pieno con la personalizzazione. Il riferimento ai termini *convergente* e *divergente* non si riferisce al genere di intelligenza implicata, piuttosto, semplicemente alla circostanza per cui, in un caso, la differenziazione dei percorsi converge verso obiettivi comuni, mentre nell'altro caso, gli itinerari formativi divergono verso traguardi diversi per ognuno. Ciò consente di garantire il giusto equilibrio tra le esigenze sottese alle due categorie didattiche, ovvero l'uguaglianza e la diversità e l'esigenza formativa incentrata sulle competenze di base e quella, invece, incentrata sulla valorizzazione delle dotazioni individuali (Baldacci, 2005).

3 La metodologia DIST-M

In questo capitolo definiamo una nuova metodologia, che chiameremo DIST, acronimo di Digital Interactive Storytelling, e che mira a mediare una competenza specifica, in qualsiasi ambito, non necessariamente scientifico o matematico. È una metodologia pensata per ambienti di piattaforma e-learning nel quadro del Digital Storytelling (DST). La caratteristica di interattività, che la distingue dal DST, già esistente in letteratura, si riferisce all'utilizzo, all'interno del DIST, di applicazioni che consentono allo studente di manipolare oggetti (grafici, multimediali, ...) ottenendo un opportuno feedback dall'ambiente digitale.

Possiamo schematizzare il DIST con la seguente Figura 2, che ne evidenzia le componenti sopra dette.

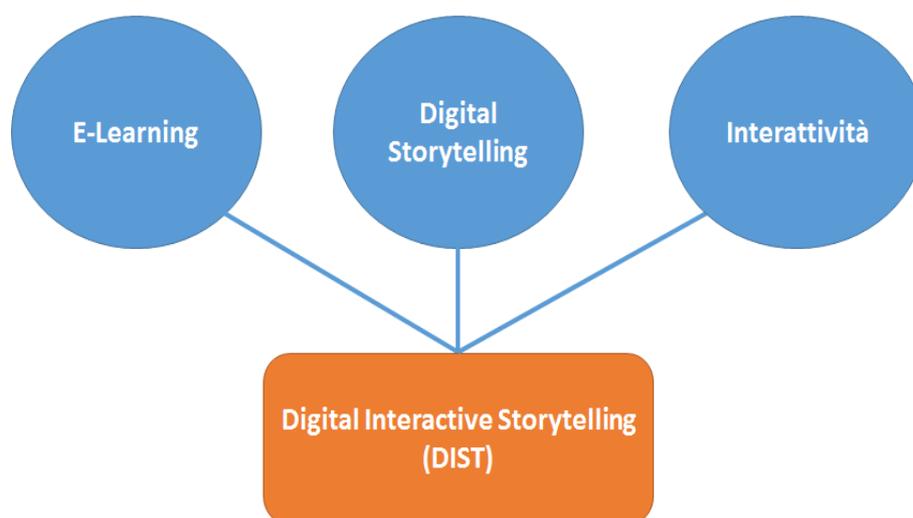


Figura 2: Componenti del DIST

Il DIST è pensato come costituito da vari *Frame*. Un *Frame* è un insieme di script e ciascuno script è costituito da una o più *task*, dove per *task* intendiamo un'attività didattica atomica. Il *Frame* iniziale è quello che chiamiamo *Frame Introduzione* e ha la funzione di indirizzare lo studente all'interno del DIST e della storia e di presentare gli strumenti informatici che verranno utilizzati. Gli altri *Frame* sono *Frame Livello*, nel senso che sono pensati col l'obiettivo quello di mediare una fissata competenza a un certo livello di difficoltà. È prevista la presenza di un *Frame Livello 1*, che media

un livello base di competenza, eventualmente un Frame Livello 2, che media la stessa competenza, ma ad un livello più avanzato, e così via (Figura 3).

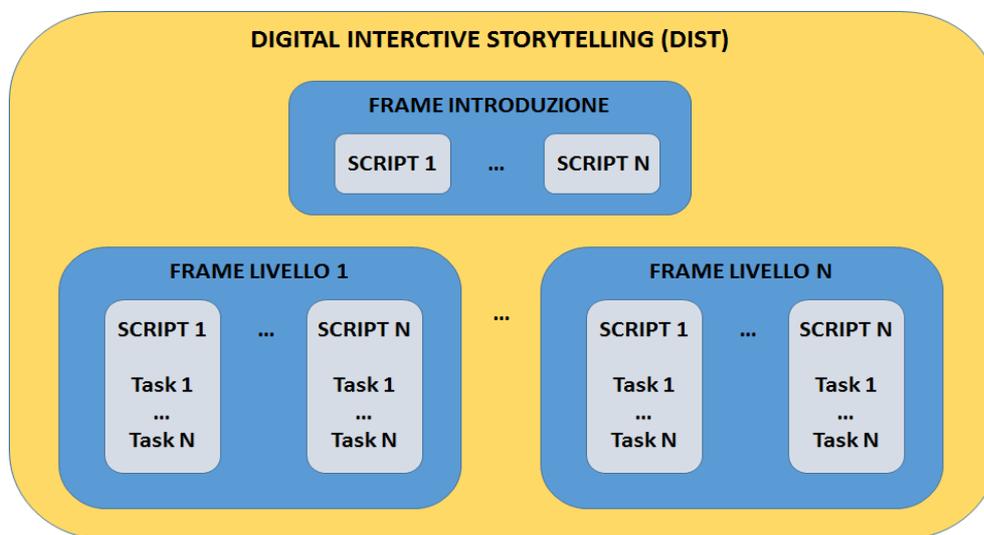


Figura 3: Disegno del DIST

I task possono essere di tipo individuale, collaborativo o misto. Nei task individuali, lo studente lavora da solo con la richiesta di non comunicare con i compagni (attraverso gli strumenti disponibili in piattaforma) e risponde del suo lavoro con una consegna individuale. Nei task collaborativi viene chiesto allo studente di comunicare con i compagni attraverso gli strumenti disponibili in piattaforma (chat, forum, wiki,...) e la consegna dei lavori è collettiva. Nei task misti, allo studente viene data l'opportunità di comunicare con i compagni (solitamente attraverso la chat di gruppo) ma egli consegna il risultato del proprio operato individualmente. Lo script è progettato come susseguirsi di task collaborativi, misti ed individuali, affinché l'apprendimento sia prima socializzato e poi interiorizzato, in accordo ad un'ottica vygotskiana (Vygotsky, 1980).

Laddove il DIST media una specifica competenza matematica, utilizzeremo l'acronimo DIST-M, Digital Interactive Storytelling in Matematica (Figura 4).

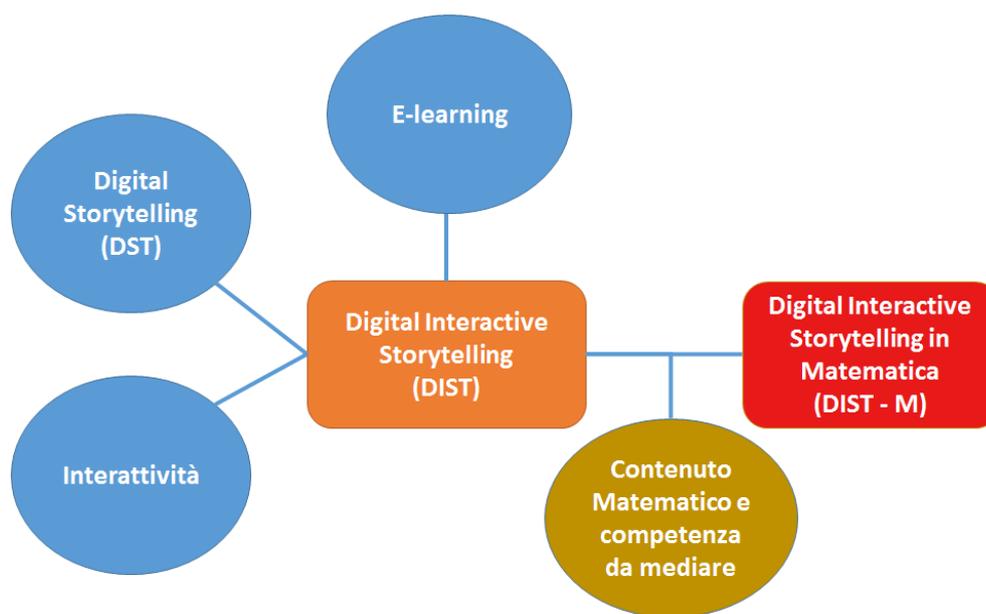


Figura 4: Componenti del DIST-M

4 Mediare l'argomentazione in matematica

4.1 L'argomentazione e la spiegazione

4.1.1 L'argomentazione e la spiegazione nella ricerca in didattica della matematica

L'importanza della comunicazione in ambito matematico è stata evidenziata da molti studiosi e ricercatori. Anna Sfard (2001), in accordo con Vygotskij, afferma che dare importanza alla comunicazione in matematica può cambiare non solo il modo di insegnare matematica, ma anche il nostro modo di pensare e di apprendere. Ella considera il linguaggio non più nella sua funzione denotazionale di rappresentazione di concetti pre-esistenti, ma nella sua funzione strumentale di costruttore dei concetti stessi. In quest'ottica, la comunicazione non è da considerarsi semplicemente un aiuto al pensiero, ma è, per certi versi, il pensiero stesso. Se il pensiero, dunque, è una forma di comunicazione, l'apprendimento diventa strettamente legato alla partecipazione a un discorso, e più in particolare l'apprendimento della matematica viene visto come una iniziazione a un particolare discorso, che è il discorso matematico. In quest'ambito, quando gli studenti costruiscono argomentazioni, essi elaborano e spiegano a se stessi i concetti che stanno giustificando (Baker, 2003). Queste spiegazioni a se stessi aiutano gli studenti a integrare nuove informazioni all'interno di esistenti strutture cognitive (Chi et al. 1989). In questa cornice, ci interesseremo di alcune forme di comunicazione in matematica e, in particolare, di argomentazione e spiegazione, cercando di evidenziarne analogie e differenze, per meglio spiegare il senso del nostro lavoro. Non possiamo, in questa trattazione, omettere del tutto una riflessione sulla dimostrazione e sul suo legame con l'argomentazione.

Il dibattito sulla dimostrazione e sull'argomentazione, in matematica, dura da decenni e ha coinvolto molti studiosi. Alcuni ricercatori individuano eterogeneità tra argomentazione e dimostrazione, sia da un punto di vista sociale ed epistemologico (Balacheff, 1988) che cognitivo e linguistico (Duval, 1995).

Per Duval l'argomentazione è una forma naturale di ragionamento, che ha assunto un ruolo importante nella didattica della matematica in tempi relativamente recenti, soprattutto da quando, nelle classi, è stata favorita l'interazione tra studenti mediante lavori di gruppo e attività di tipo collaborativo. L'argomentazione trova le sue radici nell'esigenza di giustificazione di un'affermazione o di una tesi e questa esigenza passa attraverso due modi di procedere: la produzione di ragioni o argomenti e l'esame di accettabilità degli argomenti prodotti. Il primo è legato a domande *de dicto* (del tipo "perché affermi che ...?"), che richiedono almeno un argomento, e a domande *de re* (del tipo "perché si ottiene questo risultato?"), che richiedono una spiegazione. Non è sufficiente, tuttavia, fornire un argomento, ma è essenziale anche il secondo modo di procedere, ossia esaminare l'accettabilità degli argomenti avanzati, operazione quest'ultima, correlata ad un'attività di ragionamento più di quanto non lo sia la produzione di ragioni. Un argomento viene accettato o rifiutato in rapporto alla pertinenza (ossia in relazione ai contenuti), e alla forza (ossia se è resistente alle contro-argomentazioni e se ha un valore epistemico positivo, cioè è evidente e non probabile o possibile). L'accettabilità degli argomenti è spesso omessa, e gli individui, solitamente, si limitano soltanto alla produzione di ragioni. L'accettabilità delle ragioni interviene soltanto quando ci sono punti di vista differenti che portano ad argomenti contrastanti. In questo caso l'importanza non è più data all'argomento, bensì alla resistenza dell'argomento ad una contraddizione.

La spiegazione, strettamente legata alla produzione di argomenti, fornisce le ragioni per rendere comprensibile un dato e non ha come scopo quello di modificare il valore epistemico di un enunciato, ma quello di farlo meglio comprendere. Il ragionamento, strettamente legato all'accettabilità degli argomenti, è, invece, finalizzato a modificare il valore epistemico di un enunciato e ad attribuirgli un valore di verità. In quest'ottica, per Duval, l'argomentazione si avvicina di più alla dimostrazione piuttosto che alla spiegazione. D'altro canto, però, un ragionamento è una dimostrazione se è un ragionamento valido, mentre l'argomentazione non obbedisce a vincoli di validità e non ha come obiettivo la verità, ma piuttosto il convincimento di se stessi e degli altri. Ci si chiede se ci sia continuità cognitiva tra argomentazione e dimostrazione oppure no. In caso di continuità cognitiva, la pratica di argomentazione potrebbe condurre alla scoperta della dimostrazione. In

caso di rottura cognitiva, la pratica dell'argomentazione potrebbe mantenere o, addirittura, rafforzare gli ostacoli verso la costruzione della dimostrazione.

Duval mette in evidenza la presenza di un gap strutturale tra argomentazione e dimostrazione, poiché nell'argomentazione le inferenze sono basate sul contenuto, mentre nella dimostrazione esse seguono uno schema deduttivo (data, claim e regole di inferenza) e l'accettabilità è garantita dalla teoria matematica, ossia ci si può riferire solo alle definizioni, agli assiomi e ai teoremi della teoria. La dimostrazione, quindi, non ha come obiettivo quello di convincere della validità di un enunciato. Si può dimostrare, infatti, un teorema e non convincere o convincersi della sua validità. L'argomentazione, invece, non si muove necessariamente all'interno di una teoria e utilizza qualsiasi strumento retorico, con lo scopo di convincere l'interlocutore (o se stessi) dell'accettabilità di un enunciato.

La distanza tra argomentazione e dimostrazione, evidenziata da Duval, viene ridotta dagli studi di Boero, Garuti, Mariotti che, pur non negando la distanza tra argomentazione e dimostrazione, non la considerano un ostacolo (Boero & al., 1996; Garuti & al., 1996). Gli studiosi, infatti, mettono in evidenza una continuità tra argomentazione e dimostrazione, denominata unità cognitiva. Durante il processo di problem solving, l'attività argomentativa ha come conseguenza, di solito, la produzione di una congettura. L'ipotesi alla base del concetto di unità cognitiva è che ci sia una continuità tra l'argomentazione prodotta e la dimostrazione, nel senso che l'argomentazione può essere utilizzata dallo studente nella costruzione della dimostrazione, riorganizzandola opportunamente secondo uno schema logico. La dimostrazione può risultare, quindi, più facilmente accessibile allo studente, se è frutto di una precedente attività di argomentazione finalizzata alla produzione di una congettura. In tal senso, i problemi aperti (Arsac et al., 1991) che richiedono una congettura per la loro risoluzione, appaiono essere estremamente efficaci per introdurre il concetto di dimostrazione, essendo il processo dimostrativo favorito da quello argomentativo (Boero et al., 1996). Tuttavia, l'analisi dell'unità cognitiva non ricopre tutti gli aspetti della relazione tra argomentazione e dimostrazione. Pedemonte (2007) evidenzia che l'unità cognitiva non prende in considerazione la continuità strutturale tra argomentazione e dimostrazione, che si manifesta quando le inferenze nell'argomentazione e nella dimostrazione sono legate tra loro attraverso la stessa struttura (abduzione, induzione o deduzione) (Pedemonte, 2007). Più precisamente la studiosa (Pedemonte, 2002) individua due punti di vista

secondo cui è possibile confrontare argomentazione e dimostrazione: il sistema di riferimento e la struttura. Il sistema di riferimento è costituito dal sistema di rappresentazione (il linguaggio, l'euristica, i segni) e dal sistema di conoscenza (concetti, teoremi) dell'argomentazione e della dimostrazione. L'analisi dell'unità cognitiva tiene conto del sistema di riferimento. La struttura, invece, è la connessione cognitiva logica tra gli enunciati (abduzione, induzione o deduzione). Ad esempio c'è continuità tra argomentazione e dimostrazione, nel sistema di riferimento, se qualche parola, segno o teorema usato nella dimostrazione è stato usato anche nell'argomentazione a supporto della congettura. C'è, invece, continuità strutturale tra argomentazione e dimostrazione se qualche passo abduttivo usato nell'argomentazione è presente anche nella dimostrazione. Se la struttura dell'argomentazione è un'abduzione mentre quella della dimostrazione è una deduzione, allora non c'è continuità strutturale ma c'è distanza strutturale tra argomentazione e dimostrazione. Questa continuità strutturale, secondo Pedemonte, può essere considerata come una delle possibili difficoltà incontrate dagli studenti nella costruzione di una dimostrazione. Infatti, gli studenti spesso non riescono a costruire la dimostrazione perché non sono abili a trasformare la struttura dell'argomentazione in una struttura deduttiva e molto spesso costruiscono dimostrazioni abduttive se hanno utilizzato una struttura abduttiva nell'argomentazione. Questo è evidente se il dominio matematico è quello geometrico (Pedemonte, 2007). Diversamente dal caso geometrico, se il dominio è quello algebrico, la struttura abduttiva presente nell'argomentazione di solito non costituisce un problema per gli studenti nella costruzione della dimostrazione, ma può essere utile se favorisce continuità tra argomentazione e dimostrazione del sistema di riferimento (Pedemonte, 2008).

In ogni caso, ha senso comparare l'argomentazione a supporto di una congettura e la sua dimostrazione, se consideriamo la dimostrazione come una particolare argomentazione in matematica (Pedemonte, 2007). L'argomentazione e la dimostrazione, infatti, sono un insieme di giustificazioni razionali espresse come inferenze, che possono essere analizzate e confrontate utilizzando vari modelli, come quello di Toulmin (1993). Questo modello può essere utile per analizzare sia l'argomentazione a supporto di una congettura, sia la sua dimostrazione. Nel modello di Toulmin, un'argomentazione è costituita da 3 elementi:

- C (claim): la tesi;

- D (data): la giustificazione della tesi; supporta la tesi;
- W (warrant): la regola di inferenza che connette data e claim, legittima il passaggio dal data al claim.

Accanto a questi tre elementi, ne possono comparire altri tre se l'argomentazione si complica e c'è bisogno di maggiori chiarimenti a supporto della tesi. Gli elementi aggiuntivi sono:

- Q (qualifier): la qualifica della tesi, che le conferisce un maggiore o minore grado di forza. Ad esempio i termini "necessariamente" o "probabilmente" danno rispettivamente più o meno forza alla tesi;
- Re (rebuttal): eccezione al warrant;
- B (backing) supporto al warrant.

L'argomentazione, per Toulmin, è contestualizzata: si svolge tra due persone in disaccordo tra loro circa un enunciato: una di loro contesta il claim e l'altra cerca di giustificarlo (Arzarello, 2014). Grazie al modello di Toulmin è possibile analizzare sia passi argomentativi che passi dimostrativi e nell'ottica di questo modello, la dimostrazione è solo una tipologia particolare di argomentazione, almeno da un punto di vista formale.

Altro concetto importante è quello di spiegazione. Mariotti (2015) e Pompili (2015) riprendono la definizione di Mopondi (1995), che definisce la spiegazione come uno strumento usato da un interlocutore per comprendere, o dare un senso a, un oggetto della comunicazione. Lo scopo di una spiegazione, dunque, non è quello di convincere se stessi o gli altri della validità di un ragionamento, ma piuttosto quello di far comprendere. Per Balacheff (1998), spiegare vuol dire produrre ragioni per mostrare il perché di un fatto. Egli sostiene che spiegare un teorema e cercarne una dimostrazione sono due pratiche profondamente diverse. Una differenza profonda tra dimostrazione e spiegazione sta nel fatto che la spiegazione è soggettiva in quanto garantisce la verità di enunciato innanzitutto per il soggetto che la produce e poi per l'interlocutore. Si tratta di un processo personale poiché colui che la realizza, la considera prima di tutto esplicativa per sé e poi per gli altri. La dimostrazione, invece, stabilisce una verità assoluta all'interno di una teoria e non si tratta di un processo personale, ma di un processo condiviso da tutti coloro che conoscono e accettano la teoria. Balacheff afferma, però, che nel momento in cui la spiegazione viene condivisa e accettata all'interno di un gruppo o di una comunità, passa da una dimensione soggettiva ad una dimensione sociale,

divenendo ciò che lui chiama prova. In questa ottica, una dimostrazione in matematica è una particolare prova, in quanto condivisa dalla comunità dei matematici.

La spiegazione è utilizzata molto nella pratica scolastica e prevede che l'interlocutore sia, solitamente, meno esperto di colui che sta spiegando. Cerchiamo di capire meglio quale legame c'è tra dimostrazione e spiegazione. Hanna (1990) evidenzia come molti ricercatori e studiosi di didattica della matematica hanno riesaminato il ruolo della dimostrazione in matematica nei curricula scolastici. Negli anni vi è stata una tendenza ad allontanarsi dall'idea di dimostrazione rigorosa ed è stato preso in considerazione il ruolo della dimostrazione come mezzo di comunicazione e come "argomentazione convincente" (Hanna, 1990). A tal proposito, la studiosa distingue tra dimostrazioni che provano e dimostrazioni che spiegano. Una dimostrazione che prova, mostra solo che un teorema è vero. Una dimostrazione che spiega, invece, oltre a mostrare la verità di un teorema, mostra anche perché un teorema è vero. Entrambi i tipi di dimostrazione sono legittimi, soddisfano i requisiti di dimostrazione matematica e servono, in egual misura, per stabilire la validità di una asserzione matematica. C'è da precisare, però, che il fatto che una dimostrazione provi o spieghi dipende fortemente dall'interlocutore. Una dimostrazione che fa uso del principio di induzione o una dimostrazione per assurdo può essere considerata esplicativa per un matematico ma non esserlo per un non matematico.

I matematici, comunque condividono l'opinione che una dimostrazione è più importante quando conduce alla comprensione e aiuta a pensare in modo più chiaro ed efficace sulla matematica (Rav, 1999). Hersh (1993) fa una distinzione tra il ruolo della dimostrazione nella ricerca e il ruolo della dimostrazione a scuola. Egli afferma che, nella ricerca, lo scopo della dimostrazione è quello di convincere, mentre a scuola la dimostrazione non è finalizzata a convincere gli studenti, ma bensì a far capire meglio. Infatti, alcune dimostrazioni sono spesso omesse, a volte per mancanza di tempo, a volte perché considerate troppo noiose oppure troppo difficili da comprendere per gli studenti. Alcune dimostrazioni sono addirittura omesse dai libri di testo, eppure gli studenti non hanno difficoltà a credere nella verità dei teoremi enunciati, anche senza aver visto la dimostrazione. A scuola sono molto presenti dimostrazioni informali o semi-formali, espresse in linguaggio quotidiano, nelle quali compaiono calcoli, che possono essere visti come sotto-dimostrazioni

formali all'interno di una dimostrazione informale. Secondo Hersh, ci sono due punti di vista opposti di vedere la dimostrazione in ambito didattico e in particolare nell'insegnamento scolastico. Da un punto di vista assolutista la matematica è vista come un insieme di verità assolute e non c'è matematica senza dimostrazione. L'assolutista non si preoccupa di come è presentata la dimostrazione e se essa è chiara all'interlocutore, non essendo la spiegazione lo scopo della dimostrazione. Il suo obiettivo è, invece, la certificazione di verità dell'enunciato. In quest'ottica non solo la dimostrazione è necessaria, ma deve essere anche completa. Da un punto di vista umanista, invece, lo scopo della dimostrazione è quello di spiegare. Per un umanista, la dimostrazione è una spiegazione completa e non la considera come un rituale obbligatorio, ma la fa intervenire quando essa può risultare utile a far meglio comprendere il senso di un enunciato. Utilizzerà a tal proposito le dimostrazioni più illuminanti, piuttosto che quelle più generali. Questo punto di vista è quello più vicino a Hersh, per il quale lo scopo di una dimostrazione a scuola è quello di far comprendere. La scelta se presentare una dimostrazione "così com'è", cioè formalmente corretta ma non necessariamente chiara, oppure no, deve essere dettata dal fatto che l'obiettivo è quello di aumentare la comprensione da parte degli studenti. Nell'ottica di Hersh, dunque, spiegazione e dimostrazione, in ambito didattico, condividono lo stesso obiettivo, ossia la comprensione.

4.1.2 L'argomentazione e la spiegazione nelle indagini nazionali e internazionali

Saper spiegare e saper argomentare sono competenze spesso valutate in indagini, sia nazionali che internazionali.

Una delle indagini internazionali più note è l'indagine OCSE-PISA, indagine condotta dall'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), che è un'organizzazione internazionale, costituita a Parigi nel 1961, che aiuta i governi a far fronte alle sfide economiche, sociali e ambientali poste dall'economia mondiale. PISA è l'acronimo di Programme for International Student Assessment ed è un'indagine promossa dall'OCSE con l'obiettivo di misurare le competenze degli studenti in matematica, scienze, lettura e problem solving. Per ogni ciclo di PISA viene approfondito un ambito in particolare. PISA 2012 ha avuto

come domini principali la competenza in matematica e nel problem solving. In PISA 2012, per competenza matematica si intende «*la capacità di un individuo di utilizzare e interpretare la matematica e di darne rappresentazione mediante formule, in una varietà di contesti. Tale competenza comprende la capacità di ragionare in modo matematico e di utilizzare concetti, procedure, dati e strumenti di carattere matematico per descrivere, spiegare e prevedere fenomeni. Aiuta gli individui a riconoscere il ruolo che la matematica gioca nel mondo, a operare valutazioni e a prendere decisioni fondate che consentano loro di essere cittadini impegnati, riflessivi e con un ruolo costruttivo*» (Quadro di riferimento PISA, 2012 per la Matematica¹, p.25). Il termine “spiegare”, quindi, entra in gioco direttamente nella definizione di competenza matematica. Inoltre, in PISA 2012, argomentazione e ragionamento sono legate in una delle capacità fondamentali individuate: ragionamento e argomentazione. Questa competenza «*implica processi mentali basati sulla logica che permettono di analizzare e collegare gli elementi di un problema in modo tale da poterne trarre delle conclusioni, verificare una giustificazione data o fornire una giustificazione per affermazioni o soluzioni al problema*» (Quadro di riferimento PISA, 2012 per la Matematica, p. 31). Tale competenza è strettamente legata ai tre processi matematici individuati da Pisa, ossia i processi nei quali gli studenti sono attivamente impegnati per risolvere i problemi: *formulare* situazioni matematicamente, *utilizzare* concetti, fatti, procedimenti ragionamenti matematici e *interpretare*, applicare e valutare risultati matematici.

Le relazioni tra la capacità di ragionamento e argomentazione ed i processi coinvolti sono schematizzate nella seguente Tabella 1, estratta dal quadro di riferimento PISA, 2012 per la Matematica (p. 32):

¹ <http://www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2012/documenti/Matematica.pdf>

Tabella 1: Processi/Competenze nel quadro OCSE-PISA 2012 per la Matematica

COMPETENZA	PROCESSI MATEMATICI		
	<i>Formulare</i>	<i>Utilizzare</i>	<i>Interpretare</i>
<i>Ragionamento e argomentazione</i>	Spiegare, difendere o giustificare la rappresentazione della situazione reale elaborata o individuata	Spiegare, difendere o giustificare il processo e i procedimenti usati per determinare un risultato o una soluzione di natura matematica Collegare le informazioni per giungere a una soluzione matematica, elaborare generalizzazioni o creare argomentazioni a più livelli	Riflettere sulle soluzioni matematiche ed elaborare spiegazioni e argomentazioni che supportino, confutino o qualifichino una soluzione matematica a un problema contestualizzato

È evidente, dalla tabella, che l'argomentazione in matematica, nelle indagini PISA, è intesa come competenza che ingloba in sé la spiegazione oppure come equivalente alla spiegazione. Tuttavia, il Quadro di riferimento PISA 2012 per la Matematica, coinvolge la spiegazione e la giustificazione anche in un'altra delle sette capacità matematiche fondamentali, ossia nella *comunicazione*, intesa come la capacità di “*presentare la soluzione fornendo una spiegazione o una giustificazione*” (Quadro di riferimento PISA, 2012 per la Matematica, p. 31).

A livello nazionale, la più importante indagine è quella somministrata dall'Istituto INVALSI, ente di ricerca che effettua verifiche periodiche e sistematiche sulle conoscenze e abilità degli studenti e sulla qualità complessiva dell'offerta formativa delle istituzioni di istruzione e di istruzione e formazione professionale. Le prove Invalsi hanno come obiettivo quello di misurare le competenze in italiano e matematica di studenti, sia di scuola primaria che di scuola secondaria di primo e

secondo grado. Nel Quadro di Riferimento della prova di matematica 2011², uno degli otto processi in base ai quali vengono classificate le domande, è il seguente: «*acquisire progressivamente forme tipiche del pensiero matematico (congetturare, verificare, giustificare, definire, argomentare, generalizzare, dimostrare....)*». L'argomentazione compare come una forma tipica del pensiero matematico, ma non compare la spiegazione, probabilmente, anche in questo quadro di riferimento, inglobata nell'argomentazione o nella giustificazione.

Possiamo concludere che, analizzando i quadri di riferimento delle più note indagini nazionali ed internazionali, non sembra emergere una significativa distinzione tra argomentazione e spiegazione.

4.1.3 L'argomentazione e la spiegazione dal nostro punto di vista

In questo lavoro ci occuperemo di argomentazione e di spiegazione. Per questo riteniamo importante chiarire qual è il nostro assunto a riguardo, data la vastità di interpretazioni che, abbiamo visto, esiste. Per far questo faremo riferimento al concetto di *registro*. L'uso che ne faremo non fa riferimento al suo significato, spesso usato in didattica della matematica, inteso come sistema di rappresentazione semiotica (Duval, 2006). Il nostro uso è quello tipico della linguistica funzionale, secondo cui un registro è inteso come una varietà linguistica basata sull'uso (Halliday, 1985). Ogni individuo può usare un registro selezionando le proprie risorse linguistiche. È possibile distinguere tra registri colloquiali e registri colti. I registri colloquiali sono quelli utilizzati nel quotidiano, quasi sempre nella comunicazione parlata, ma possono essere utilizzati anche in alcune comunicazioni scritte come note informali, e-mail o SMS. I registri colti, invece, sono quelli utilizzati nella comunicazione accademica. Non sono, tuttavia, necessariamente associati ad argomenti avanzati né a risorse linguistiche di alto livello, né alla tipologia degli autori né, pertanto, all'età di colui che li utilizza (Ferrari, 2004).

Fatta questa premessa, andiamo a delineare, alla luce di quanto già osservato sinora, quello che intenderemo, nell'ambito di questo lavoro, per argomentazione e per spiegazione. Dal nostro punto di vista, in accordo con Pompili (2015),

² https://invalsi-areaprove.cineca.it/docs/file/QdR_Mat_II_ciclo.pdf

l'argomentazione è un discorso finalizzato a convincere o convincersi della validità di un enunciato. Solitamente l'argomentazione è rivolta ad un interlocutore alla pari o più esperto e, per questo motivo, si tratta di un discorso in un registro colto. La spiegazione è un discorso finalizzato, invece, a far comprendere un concetto o un ragionamento ad un interlocutore, solitamente meno esperto. Proprio per il fine per cui avviene la spiegazione, colui che spiega (che nel nostro caso sarà uno studente) utilizza solitamente un registro colloquiale o, eventualmente, un registro meno colto rispetto a quello che utilizzerebbe per argomentare.

La richiesta "*spiega il perché*", fatta ad uno studente, può generare argomentazioni o spiegazioni, a seconda di chi effettua la richiesta. Se allo studente viene richiesto di spiegare il proprio ragionamento da parte di un esperto (che può essere un docente, reale o virtuale) la risposta dello studente non sarà finalizzata alla comprensione, ma più probabilmente egli cercherà di convincere il docente della correttezza del suo ragionamento, attraverso un'argomentazione. Se allo studente, invece, viene chiesto di spiegare il proprio ragionamento da parte di una persona meno esperta di lui (un suo compagno di classe in difficoltà o uno studente appartenente al suo stesso gruppo di lavoro), allora, probabilmente, il discorso sarà finalizzato alla comprensione e non al convincimento, attraverso una spiegazione.

In questa ottica risulta evidente che nei quadri di riferimento delle prove nazionali ed internazionali non ci sia una distinzione tra spiegazione e argomentazione, essendo la prova individuale e non un'attività di tipo sociale. Lo studente non avrà interlocutore se non il suo valutatore (il docente o l'istituto) considerato sicuramente come più esperto, e lo scopo esplicitamente valutativo delle prove pone l'accento sulla necessità del convincimento dell'altro.

In accordo con Sfard (2001), pensiamo che mediare la competenza argomentativa negli studenti, non solo può aiutarli nell'apprendimento della matematica, ma può contribuire fortemente allo sviluppo del loro pensiero. Tuttavia, siamo consapevoli, come osservato da Duval (1996), della presenza di una separazione cognitiva tra dimostrazione e argomentazione, ma allo stesso tempo, siamo convinti che, favorendo un lavoro di tipo collaborativo, in cui gli studenti possono interagire e confrontarsi su idee e opinioni, l'argomentazione possa essere utilizzata per avviare lo studente alla costruzione di una dimostrazione, riorganizzando opportunamente le argomentazioni secondo uno schema logico (Boero & al., 1996; Garuti & al., 1996; Mariotti & al., 1997; Garuti & al., 1998).

Distinguendo, infine, tra il ruolo della dimostrazione nella ricerca e il ruolo della dimostrazione a scuola, così come fa Hersh (1993), pensiamo che spiegazione e dimostrazione, in ambito didattico, condividono lo stesso obiettivo, ossia la comprensione. Mediare, dunque, la competenza argomentativa, attraverso task che favoriscono anche la produzione di spiegazioni, non solo può favorire la produzione di dimostrazioni (in ambito didattico) ma ancor di più può favorire lo sviluppo del pensiero.

4.2 Collaboration script per mediare la competenza argomentativa

Spesso la costruzione di competenze argomentative è favorita da attività di tipo collaborativo (Leitão, 2000). L'attività di argomentazione, infatti, necessita della presenza di un interlocutore. È ben noto, però, che gli studenti che si trovano a lavorare in maniera collaborativa alla produzione di argomentazioni, solitamente, non lavorano e interagiscono in maniera produttiva (Kuhn et al., 1997; Mandl et al., 1996). In particolare, secondo Kuhn e colleghi, gli studenti coinvolti in attività collaborative, raramente giustificano le loro tesi e producono argomentazioni complete e spesso non sono abili a bilanciare e integrare argomentazioni e contro-argomentazioni in maniera critica. Sembra evidente, quindi, che chiedere semplicemente agli studenti di collaborare non basta per mediare competenze argomentative (Mandl et al., 1996). La collaborazione, la richiesta di argomentare nell'ambito di task collaborativi, il supporto da dare agli studenti durante il lavoro, devono essere organizzati in maniera appropriata perché questi ultimi beneficino di un apprendimento collaborativo. In questo senso, alcuni studi hanno mostrato come gli script collaborativi, in ambienti supportati dal computer, possano facilitare la costruzione di competenze argomentative (Andriessen et al., 2003; Marttunen & Laurinen, 2001): infatti, gli studenti, guidati da tali script, riescono a comunicare tra loro simultaneamente attraverso interfacce text-based e sono abili e rapidi a scrivere e leggere testi e messaggi. Riescono, in questo modo, a guadagnare tempo rispetto all'apprendimento in presenza, per leggere e rivedere sia i propri interventi sia quelli dei propri compagni (Pea, 1994). Ciò può incoraggiare gli studenti, anche con competenze argomentative eterogenee, a prendere parte a dibattiti

argomentativi e, in questo modo, gli studenti con deficit nei prerequisiti, possono compensare tali gap.

Weinberger e colleghi (Weinberger et al., 2007) distinguono tre tipi di dimensioni per favorire competenze argomentative in maniera collaborativa: una dimensione epistemica, una dimensione argomentativa e una dimensione sociale.

La *dimensione epistemica* descrive le argomentazioni come passi avanti nell'attività di problem-solving. Risponde alla domanda: in che modo le argomentazioni degli studenti contribuiscono alla risoluzione del compito? Questa dimensione mostra quanto gli studenti siano abili ad applicare in maniera adeguata le proprie conoscenze. Tale dimensione risulta importante, in quanto l'uso inappropriato delle conoscenze da parte di uno studente può generare misconcezioni nei pari che interagiscono con lui. Pertanto, nella misura in cui gli studenti sono abili a costruire argomentazioni, in relazione alla dimensione epistemica, così essi possono acquisire adeguate conoscenze o misconcezioni (Weinberger, 2003).

La *dimensione argomentativa* riguarda i criteri formali di costruzione di argomentazioni. Risponde alla domanda: in che modo gli studenti costruiscono argomentazioni in maniera formale? Questa dimensione può essere analizzata secondo vari modelli, come ad esempio il modello di Toulmin, già descritto in precedenza, che può essere visto come un'alternativa alla logica formale, chiusa al ragionamento di tutti i giorni in situazioni incerte.

La *dimensione sociale* descrive il modo in cui gli studenti interagiscono tra loro. Risponde alla domanda: in che misura gli studenti influenzano il ragionamento dei loro compagni coinvolti nell'attività di collaborazione? Questa dimensione descrive come gli studenti confrontano i propri argomenti con quelli dei loro pari.

Weinberger e colleghi, a partire da queste tre dimensioni, classificano le componenti di uno script collaborativo in componenti epistemiche, componenti argomentative e componenti sociali (Weinberger et al., 2007).

Le *componenti epistemiche* hanno come obiettivo quello di strutturare le attività collaborative con attenzione al contenuto della discussione e ai passi avanti da fare per risolvere il compito e possono supportare gli studenti nel trovare adeguate strategie risolutive. Forniscono agli studenti strategie sul predire, teorizzare e riassume risultati e su come legare le predizioni e la teoria ai risultati.

Le *componenti argomentative* hanno come obiettivo quello di supportare la costruzione di argomentazioni accettabili da un punto di vista formale.

Le *componenti sociali* specificano le interazioni che devono avvenire tra gli studenti al fine di promuovere la costruzione della conoscenza. Supportano gli studenti e li coinvolgono in attività collaborative che essi non avvierebbero mai spontaneamente.

Ad oggi c'è stata poca ricerca sugli effetti che le varie componenti di script hanno sulla costruzione della conoscenza. La maggior parte della ricerca sugli script, inoltre, si concentra su ambienti di apprendimento in presenza piuttosto che su ambienti digitali e, pertanto, c'è davvero poca conoscenza su come le componenti di script in ambienti supportati dal computer possano facilitare i processi di costruzione di competenze argomentative. Weinberger e colleghi (2007) hanno cercato di analizzare gli effetti delle singole componenti script sulla costruzione di competenze argomentative. Dai loro studi sembra emergere che tutti gli script computer-supported riducano le distrazioni degli studenti poiché focalizzano l'attenzione sul compito, fornendo informazioni su come procedere e facilitano i processi specifici di costruzione della competenza argomentativa.

In particolare, la loro analisi indica che le *componenti epistemiche* aiutano gli studenti a costruire argomentazioni che contribuiscono alla risoluzione del compito, ma non necessariamente gli studenti hanno benefici da tali script relativamente all'acquisizione della conoscenza individuale. Ciò potrebbe dipendere dal fatto che le componenti epistemiche non supportano sufficientemente l'elaborazione condivisa del materiale didattico e, inoltre, risultano efficaci se c'è la presenza di conoscenze pregresse dei partecipanti, nel senso che queste componenti possono risultare non necessarie per studenti in possesso già di prerequisiti tali da poter affrontare il compito senza troppe difficoltà. In tal caso possono, addirittura, distrarre gli studenti dal compito. Script epistemici troppo dettagliati potrebbero impedire l'elaborazione del materiale didattico e le interazioni tra studenti, in particolare, quando semplificano troppo il compito e lo dividono in sottocompiti che possono essere elaborati da singoli studenti individualmente (Cohen, 1994).

In riferimento alle *componenti argomentative*, lo studio di Weinberger e colleghi mostrano che tali componenti supportano la costruzione di conoscenza argomentativa. Per costruire, infatti, argomentazioni formalmente complete con claim, data e warrant, gli studenti hanno la necessità di spiegare a se stessi il ragionamento e ciò può favorire l'acquisizione della conoscenza (Baker, 2003). C'è da dire che gli studenti, non sempre utilizzano i concetti appropriati per risolvere il

compito e possono aver acquisito nel tempo delle misconcezioni piuttosto che conoscenza. In questa situazione, le componenti argomentative possono funzionare come uno strumento di pensiero per aiutare l'elaborazione da parte degli studenti, ma non riescono da sole a risolvere negli studenti le misconcezioni.

Risultati ulteriori indicano che le *componenti sociali* possono facilitare le attività epistemiche e l'acquisizione di conoscenza individuale. Gli studenti che collaborano senza supporto di componenti sociali spesso completano i loro compiti collaborativi in fretta oppure non collaborano sul compito. Le componenti sociali spingono gli studenti ad interagire tra loro, a confrontarsi e a leggere ed analizzare i contributi di ciascuno in maniera critica. In questo modo, gli studenti riescono ad acquisire conoscenza individuale in maniera più significativa rispetto agli studenti che collaborano tra loro, senza alcun supporto. Una possibile spiegazione di ciò sta nel fatto che gli studenti che collaborano tra loro attraverso componenti sociali, riescono a trarre beneficio dagli interventi dei compagni ma, soprattutto, riescono ad anticipare gli interventi critici dei compagni in quanto, per evitarli, migliorano il proprio intervento. Ciò è in linea con lo studio di Renkl (1997), il quale afferma che solo l'aspettativa di conoscenza esternalizzata facilita l'apprendimento.

Weinberger e colleghi concludono che è possibile disegnare componenti di script computer-supported per facilitare processi specifici di costruzione di competenze argomentative. A tal fine, le componenti epistemiche possono spingere lo studente a focalizzarsi sul compito, senza però interagire con gli altri e produrre effettivo apprendimento e, in questo modo non si ha una vera acquisizione di competenze individuali. Necessitano, dunque, di essere affiancate da componenti sociali. D'altro canto, le componenti argomentative che spingono lo studente alla costruzione di argomentazioni formalmente corrette, da sole non rappresentano un vantaggio significativo per lo studente rispetto ad un'attività argomentativa senza l'uso di script. Le componenti sociali, invece, non solo facilitano la transitività del discorso, ma supportano anche attività epistemiche negli studenti. Da sole, dunque, sembrano essere autosufficienti nella costruzione di competenze in generale.

L'analisi dei lavori di Weinberger e colleghi, ci porta a concludere che le attività volte a favorire la costruzione di competenze argomentative, svolte attraverso l'uso di script disegnati ad-hoc per il raggiungimento dell'obiettivo, sono più efficaci rispetto ad attività che non fanno uso di script, ma necessitano della presenza di componenti sociali. La presenza di queste componenti, con l'integrazione di componenti

argomentative, che tendono a favorire la costruzione di argomentazioni formalmente corrette in un registro evoluto, realizza uno script collaborativo che media l'argomentazione, ed è quello che noi abbiamo cercato di realizzare e che presentiamo in dettaglio nel paragrafo che segue. In uno script siffatto, risulta necessaria l'introduzione di componenti epistemiche laddove non ci siano sufficienti prerequisiti da parte degli studenti. In ogni caso le componenti epistemiche dovranno supportare lo studente nella risoluzione del compito senza, però, semplificarlo troppo per non spingere lo studente a lavorare in maniera individuale e rendere vana, in questo modo, l'utilità dello script stesso.

5 Un caso di studio: il DIST-M per mediare l'argomentazione in matematica

Uno script collaborativo, favorendo l'interazione tra studenti, in accordo con gli studi di King (2007) e di Weinberger et al. (2007), di per sé favorisce lo sviluppo di competenze argomentative, poiché l'interazione spinge gli studenti a costruire e a ricevere spiegazioni e argomentazioni ed a replicare, costruendo contro-argomentazioni. Uno script collaborativo nato con l'obiettivo principale di mediare competenze argomentative, oltre a favorire la semplice interazione, può essere disegnato prevedendo la presenza di componenti epistemiche, sociali e argomentative.

Il DIST-M, che abbiamo disegnato e implementato per il caso di studio, ha come obiettivo che lo studente acquisisca una metodologia di costruzione di argomentazioni matematiche. La combinazione delle caratteristiche dei task e di quelle dell'ambiente determinano le peculiarità dell'attività individuale/collettiva, che mirano allo sviluppo di competenze argomentative.

In particolare, per competenze argomentative intendiamo: lo sviluppo di capacità di esprimere come è stata elaborata una soluzione a un problema, il perché della sua correttezza sulla base del ragionamento che è stato alla sua origine e la sua espressione in un registro evoluto del linguaggio matematico. Come precisato nei paragrafi precedenti, per noi l'obiettivo dell'argomentazione è quello di convincere o convincersi della validità di un enunciato e l'argomentazione, essendo rivolta ad un interlocutore alla pari o più esperto, è un discorso in un registro colto. Lo sviluppo delle capacità argomentative avviene anche favorendo attività di spiegazione, il cui scopo, come detto in precedenza, è per noi quello di far comprendere un concetto o un ragionamento ad un interlocutore, solitamente meno esperto, in un registro colloquiale o, eventualmente, un registro meno colto rispetto a quello utilizzato per argomentare.

Per raggiungere questo obiettivo, il DIST-M prevede che lo studente sia coinvolto in task alternativamente individuali e sociali, che si riferiscono a esperienze di dibattito argomentato sul modo di pensare/risolvere/rispondere a un problema. Dal punto di vista vygotskiano, questo permette lo sviluppo di quelle funzioni mentali

superiori che costituiscono le competenze argomentative relative alla capacità di supportare la correttezza delle proprie risposte mediante argomenti pertinenti, socialmente e matematicamente accettabili. Il funzionamento del DIST-M richiede diversi tipi di interazione, sia col dispositivo che con i membri del gruppo, al fine di trovare una soluzione condivisa al problema. L'obiettivo principale del DIST-M è, però, quello di favorire in ogni singolo studente il passaggio dal trovare una soluzione all'essere in grado di esprimere una propria motivazione che ne supporti la correttezza. Gli script e i task del DIST-M sono stati progettati in modo da indurre la produzione di argomentazioni personali, il loro confronto e eventualmente l'elaborazione di un enunciato finale.

Le interazioni, attraverso gli strumenti della piattaforma, favorite dal DIST-M, sono pensate come versione digitale del *thinking aloud* (pensare ad alta voce), già descritto nel dettaglio nel paragrafo 2.3.1 del Capitolo 2 di questa tesi, che pone le basi per un apprendimento di livello superiore (King, 2007) e che può dare origine a potenti attività di apprendimento: favorisce la produzione di spiegazioni e argomentazioni, spinge lo studente a porre e rispondere a domande in contesti di apprendimento, porta ciascuno a interrogarsi sulla comprensione personale o addirittura sulla propria preparazione di base, porta lo studente ad osservare e imitare i propri compagni, dai quali può apprendere nuove strategie cognitive, modellando il proprio modo di ragionare, il proprio stile di argomentare e le proprie strategie di problem solving (King, 2007).

Il DIST-M è disegnato in modo tale da non comunicare mai (o quasi mai) la soluzione esatta del compito, ma spinge lo studente ad interagire con gli altri per raggiungere la soluzione. L'obiettivo, infatti, è quello di trasferire al gruppo di pari on-line e alla piattaforma il compito di mediatore. In quest'ottica, le componenti epistemiche dello script non forniscono direttamente strategie risolutive, ma, da un lato cercano di far acquisire a ciascuno i prerequisiti necessari per poter affrontare il compito (attraverso i tutorial, descritti in seguito) e, dall'altro, spingono lo studente alla riflessione individuale e di gruppo (attraverso domande metacognitive), al fine di avviare processi di autoregolazione, che potrebbero spingere lo studente o il gruppo a correggersi. Sono presenti anche componenti argomentative di script, che hanno lo scopo di spingere lo studente dapprima a spiegare il proprio ragionamento ai compagni e poi ad argomentare in un registro più evoluto. Essendo il DIST-M un insieme di collaboration script, le componenti sociali di script sono essenziali nel

disegno del modello metodologico e supportano lo studente nelle interazioni con i compagni.

Nella versione attuale, il DIST-M è costituito dal Frame Introduzione, fatto da uno script iniziale, e dal Frame Livello 1, composto da due script collaborativi, Capitolo 1 e Capitolo 2.

5.1 Gli strumenti informatici utilizzati

L'idea implementativa alla base del DIST e, specificamente del DIST-M, è quella di permettere a un docente "volenteroso" la sua riproducibilità su un qualsiasi contenuto e competenza matematica. A tal fine, la scelta tecnologica è ricaduta su strumenti informatici open-source o gratuiti, semplici da utilizzare.

Come ambiente di e-Learning è stato utilizzato Moodle, acronimo di Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment. È un ambiente per l'apprendimento modulare e orientato ad oggetti, ossia basato sull'ideologia costruzionista secondo la quale ogni apprendimento sarebbe facilitato dalla produzione di oggetti tangibili. Come tutti gli ambienti di e-learning, mette a disposizione strumenti per la collaborazione. A tal proposito, di seguito, descriviamo gli strumenti di collaborazione offerti da Moodle, utilizzati nella nostra attività.

La Chat è un modulo di attività che consente ai partecipanti (coloro che condividono la chatroom, ossia il luogo virtuale di comunicazione) di tenere discussioni sincrone in tempo reale. Moodle offre la possibilità di gestire chat di gruppo, condivise tra i membri di uno specifico gruppo, e chat globali, condivise tra tutti i partecipanti ad un'attività. Visto che la chat favorisce una comunicazione sincrona, abbiamo utilizzato quella di gruppo per gestire le interazioni all'interno di ciascun gruppo di lavoro utilizzando una chatroom dedicata.

Il Forum è un modulo di attività che consente di tenere discussioni asincrone tra i partecipanti, la cui durata è prolungata nel tempo. Moodle mette a disposizione diversi tipi di forum tra cui scegliere. In particolare prevede l'utilizzo di un forum *standard* dove chiunque può avviare una discussione e può vedere gli interventi degli altri, e di un forum *Domande e Risposte*, dove lo studente può visualizzare gli interventi degli altri solo dopo aver postato il proprio. In questo modo si favoriscono

interventi genuini, non condizionati da quelli altrui, ed è questo il motivo per cui abbiamo scelto di utilizzare questa tipologia di forum per gestire le risposte degli studenti alle domande aperte e le relative discussioni. Abbiamo, invece, utilizzato il forum standard per gestire interazioni libere tra utenti fuori dai gruppi.

Il Wiki è un modulo di attività che consente ai partecipanti di inserire e modificare una raccolta di pagine web. Moodle offre la possibilità di implementare il wiki *collaborativo*, condiviso tra i membri di un gruppo, consentendo a ciascuno di apportare modifiche, oppure *individuale*, e in tal caso ciascun partecipante lavorerà individualmente alle proprie pagine web. Abbiamo utilizzato questo strumento come Diario di Bordo di ciascun gruppo, all'interno del quale ogni membro può scrivere informazioni utili, aggiungere immagini, link o altro.

Moodle, oltre ad offrire la possibilità di utilizzare strumenti di collaborazione, gestisce anche l'attività *Lesson* (o Lezione). Questa consente di distribuire i contenuti dell'attività in modo flessibile, realizzando pagine da fruire sequenzialmente o con diversi percorsi ed opzioni. I diversi percorsi possono essere attivati a scelta dello studente o in base alla risposta ad una domanda posta (di tipo scelta multipla e a risposta breve). A seconda dei casi, allo studente viene presentata una opportuna pagina, che può farlo avanzare nella lezione, oppure riportarlo alla pagina precedente oppure viene diretto verso un percorso ad-hoc. Abbiamo utilizzato la Lesson per realizzare percorsi personalizzati in funzione delle scelte e delle risposte dello studente. In particolare, questo strumento è stato utilizzato affinché tutti raggiungessero le medesime competenze di base (personalizzazione convergente), pre-requisito per i Frame Livello, ma, contemporaneamente, ha lasciato la possibilità a ciascuno di sviluppare le proprie potenzialità individuali (personalizzazione divergente) (Baldacci, 2005).

Il *Compito* di Moodle è un'attività che consente agli studenti di consegnare qualsiasi tipo di contenuto digitale, come ad esempio documenti di testo, immagini, clip audio e clip video. Il compito può anche prevedere la compilazione online di un testo sia in alternativa sia in aggiunta al caricamento di file. Gli studenti possono consegnare i lavori individualmente oppure come membri di un gruppo. Nel secondo caso è possibile impostare il Compito in modo tale che ciascuno studente possa modificare

la consegna, ma questa diventa definitiva solo quando tutti i membri del gruppo inviano la stessa consegna. Abbiamo utilizzato questa modalità di Compito per gestire le consegne condivise all'interno di ciascun gruppo.

Il DIST-M, come già detto, utilizza il framework del digital storytelling. Per implementare la storia abbiamo deciso di utilizzare i fumetti. Il fumetto (o comics), è un genere popolare letterario largamente utilizzato per coinvolgere i giovani lettori, sia come consumatori di storie create da altri, sia come produttori di proprie. Come ogni attività di storytelling, queste esperienze sono generalmente riconosciute quali mezzi per facilitare la comprensione e, dunque, l'apprendimento. Gianna Marrone, nel suo libro "Il fumetto tra pedagogia e racconto", pone l'attenzione sul fatto che, nei confronti del fumetto, ci siano molti pregiudizi a scuola, in quanto allontanerebbe dalla "buona" e "sana" lettura. Per la studiosa, in realtà, il fumetto rappresenta una lettura impegnata perché richiede la decodifica di almeno tre diversi tipi di linguaggi, immagini, parola scritta e simbologia grafica. Nel fumetto il rapporto tra parola e immagine è diretto e immediato e ciò può favorire il processo di apprendimento, rendendolo meno faticoso e più piacevole. (Marrone, 2005).

Per la creazione dei fumetti, abbiamo utilizzato l'ambiente *Toondoo*, un servizio online gratuito che consente, previa registrazione, di creare, comics in pochi passaggi. I fumetti sono stati, poi, caricati all'interno delle pagine Moodle, sottoforma di immagini.

Per la realizzazione delle attività interattive abbiamo utilizzato il software di matematica dinamica *GeoGebra*. È stato, però, utilizzato in un modo inusuale, ossia come linguaggio di programmazione per implementare app interattive, integrate all'interno delle pagine Moodle. La scelta è ricaduta su GeoGebra per molteplici motivi. Innanzitutto è gratuito ed è accessibile a tutti. Inoltre lavora con oggetti grafici e supporta il GGBScript, linguaggio di programmazione molto semplice che consente di implementare algoritmi con pochissime righe di codice. GeoGebra è facilmente integrabile all'interno di Moodle, sia grazie ad alcuni plugin ad-hoc, sia incorporando il codice HTML dell'applicazione all'interno di una qualsiasi pagina Moodle.

5.2 Le innovazioni tecnologiche

Nell'ottica di offrire allo studente strumenti interattivi che permettano l'esplorazione e la riflessione, e al tempo stesso di ampliare l'offerta di domande a valutazione automatica, abbiamo integrato il modulo Lesson di Moodle con GeoGebra. Le applicazioni, create con GeoGebra, sono state caricate su GeoGebraTube (community per gli utenti che utilizzano GeoGebra nella didattica e che vogliono condividere le proprie risorse), rese visibili tramite URL e il codice HTML è stato incorporato nella pagina *domanda a risposta breve* (domanda che prevede come risposta un breve testo numerico o alfanumerico) della Lesson (Figura 5).



The image shows a screenshot of a Moodle editor interface. At the top, there is a toolbar with various icons for text formatting (bold, italic, underline, strikethrough), alignment, lists, links, images, and tables. Below the toolbar is a text box containing the following HTML code:

```
<h3><pre style="font-weight: normal;"><b><span style="font-family: Arial, sans-serif, font-size: 12pt; line-height: 17.12px;">Se hai chiuso la Chat Generale, clicca <a href="http://moodle.diima.unisa.it/moodle/mod/chat/gui_ajax/index.php?id=21&theme=bubble" target="_blank">qui</a></span></b></pre></h3><p><b><br></b></p><p><iframe scrolling="no" src="https://tube.geogebra.org/material/iframe/id/O3LyFsOp/width/700/height/600/border/888888/rc/false/ai/false/sdz/false/smb/false/stb/false/stbh/true/ld/false/sri/true/at/auto" width="700px" height="600px" style="border-width: 0px;"></iframe><br></p>
```

Figura 5: Esempio di codice HTML incorporato all'interno di una pagina di Moodle

Le applicazioni che abbiamo realizzato e che descriviamo nel seguito, restituiscono un codice numerico, opportunamente pensato e costruito caso per caso, che consente di indirizzare lo studente verso una specifica pagina della Lesson di Moodle, una volta inserito nella text box della domanda a risposta breve. Nella seguente Figura 6 c'è un esempio di codice che indirizza lo studente verso la pagina "Un altro scienziato".

The image shows a Moodle interface element. On the left, there is a label 'Risposta*' in red. To its right is a text input field containing the number '589824'. Below this, there is another label 'Salta a..' followed by a question mark icon. To the right of this label is a dropdown menu with a downward arrow, currently displaying the text 'Un altro scienziato'.

Figura 6: Personalizzazione attraverso la Lesson

In questo modo abbiamo sfruttato a pieno sia le potenzialità di personalizzazione di Moodle, sia quelle di creazione di applicazioni interattive e dinamiche di GeoGebra. Ciò ci ha consentito di creare *Tutorial*, *Domande Grafiche Interattive* e *Domande Semiaperte Interattive*, di seguito descritte. I tutorial sono inseriti nel Frame Introduzione. Nel caso specifico di studio, la Domanda Grafica Interattiva (DGI) compare in ciascuno degli script del Frame Livello 1 (Capitolo 1 e Capitolo 2) mentre la Domanda Semiaperta Interattiva (DSI) compare solo nel primo script del Frame Livello 1 (Capitolo 1).

5.2.1 I Tutorial

Si tratta di applicazioni interattive, realizzate con GeoGebra, che prevedono l'interazione dello studente con un oggetto grafico per ottenere la risposta ad una determinata domanda. L'applicazione, al termine della manipolazione da parte dello studente, restituisce due tipi di codici a seconda se la manipolazione è corretta oppure no. Lo studente inserisce il codice fornito nell'apposita text box della risposta breve della pagina Lesson e, in funzione del codice inserito, verrà indirizzato verso una opportuna pagina della Lesson prevista in uno specifico percorso personalizzato. Nei paragrafi 5.3.2.1 e 5.3.2.2 descriveremo in dettaglio due Tutorial utilizzati nel caso specifico di studio.

5.2.2 La Domanda Grafica Interattiva (DGI)

Si tratta di una costruzione interattiva realizzata con GeoGebra, simile ad un Tutorial, che prevede l'interazione dello studente con un oggetto grafico per ottenere la risposta ad una determinata domanda. La risposta consiste in una

configurazione della costruzione grazie alla manipolazione dei parametri lasciati liberi. La DGI prevede più risposte esatte (configurazioni corrette), più risposte semi-esatte (configurazioni parzialmente corrette) e più risposte errate. A differenza dei Tutorial, restituisce un codice generato dinamicamente, che riflette la manipolazione da parte dello studente. Questo codice permette di acquisire informazioni sulla manipolazione eseguita dallo studente e di organizzare percorsi personalizzati. Più precisamente, il codice è costruito in modo tale da permettere di risalire alla configurazione finale da parte dello studente e di individuare, pertanto, non solo se la risposta data è esatta, semi-esatta o errata, ma di individuare con precisione quale, tra le possibili risposte esatte o semi-esatte, è stata fornita. In questo modo la personalizzazione successiva può essere molto accurata. Come avviene per i Tutorial, lo studente inserisce il codice fornito nella text box della risposta breve e la piattaforma, in funzione del codice inserito, lo indirizzerà verso una pagina personalizzata. Nei paragrafi 5.4.1.2 e 5.4.2.2 descriveremo in dettaglio le DGI realizzate per il caso di studio specifico e inserite nei Capitoli 1 e 2 del Frame Livello 1 di Programma Discovery.

5.2.3 Domanda Semiaperta Interattiva (DSI)

Si tratta di una domanda interattiva, realizzata anch'essa con GeoGebra, la cui risposta prevede l'aggregazione da parte dello studente di blocchi-parole (tessere) resi disponibili, al fine di costruire una frase. Nel caso di studio, questa applicazione è stata utilizzata per permettere la costruzione di frasi in risposta a una domanda posta, che prevedono un'affermazione supportata da un argomento. Pertanto le frasi previste sono composte da due proposizioni, una principale che costituisce un'affermazione e una subordinata che ne rappresenta la motivazione. Le due proposizioni sono legate da una congiunzione causale. Lo studente deve scegliere quali tessere utilizzare per la costruzione della propria frase e assemblarli con opportuno trascinamento. A seconda di come assembla le tessere, lo studente può costruire risposte esatte (frasi in cui sia l'affermazione che la motivazione sono corrette), semi-esatte (frasi in cui l'affermazione è corretta, ma la motivazione è errata) o errata (frasi in cui l'affermazione è errata). L'applicazione restituisce un codice che cambia dinamicamente in funzione della posizione di ogni singola tessera. In questo modo, dal codice generato, è possibile risalire esattamente alla

frase costruita dallo studente, e ciò consente di predisporre più percorsi individualizzati, a seconda dei casi risposta esatta, semi-esatta ed errata. La DSI ha un duplice scopo: da un punto di vista tecnologico l'obiettivo è quello di superare parzialmente il limite di non poter somministrare domande a risposta aperta valutate automaticamente da piattaforme e-learning; da un punto di vista didattico, l'obiettivo è quello di favorire la competenza argomentativa in matematica, "forzando" il passaggio da un registro colloquiale ad uno più evoluto (Ferrari, 2004). I blocchi-parole disponibili sono tali da evidenziare la struttura causale di un'argomentazione: proposizione principale (affermazione) – congiunzione causale – proposizione subordinata (motivazione) oppure congiunzione causale – proposizione subordinata – proposizione principale (Albano, Dello Iacono, Mariotti, 2016). In questo modo, l'attività vuole mediare il passaggio dal registro colloquiale a quello più evoluto, ovvero vicino al modo con cui un matematico esprime un'argomentazione. È chiaro che la DSI non è realmente a risposta aperta, ma può essere un'ottima alternativa, a condizione che le tessere vengano scelte in modo da costruire frasi quanto più vicine al linguaggio e al pensiero reale dello studente in una situazione simile.

Come nel caso dei Tutorial e della DSI, lo studente deve inserire il codice fornito dall'applicazione nella text box della risposta breve del modulo Lesson. A seconda del codice inserito, la piattaforma indirizza lo studente verso un percorso personalizzato.

Nel paragrafo 5.4.1.6 descriveremo in dettaglio la DSI, implementata per il caso di studio specifico e inserita all'interno dello script Capitolo 1 del Frame Livello 1 di Programma Discovery.

5.3 Il Frame Introduzione

Il Frame Introduzione ha come obiettivo quello di indirizzare lo studente all'interno della storia e della piattaforma, e di presentare gli strumenti informatici che verranno utilizzati successivamente. L'idea è quella di simulare i Tutorial dei videogiochi, che prevedono una serie di attività iniziali volte a preparare l'utente per le fasi successive. Nel nostro caso di studio, il Frame di Introduzione è costituito da un solo script e lo studente viene catapultato nella storia "Programma Discovery".

5.3.1 Il contesto storia: “Programma Discovery”

Il pianeta Terra è in pericolo. È previsto un impatto con un meteorite nel 2150. Per gli studiosi, l'impatto potrebbe essere devastante e portare all'estinzione della vita sul pianeta. Gli scienziati di tutto il mondo sono impegnati per trovare una soluzione nel più breve tempo possibile (Figura 7).

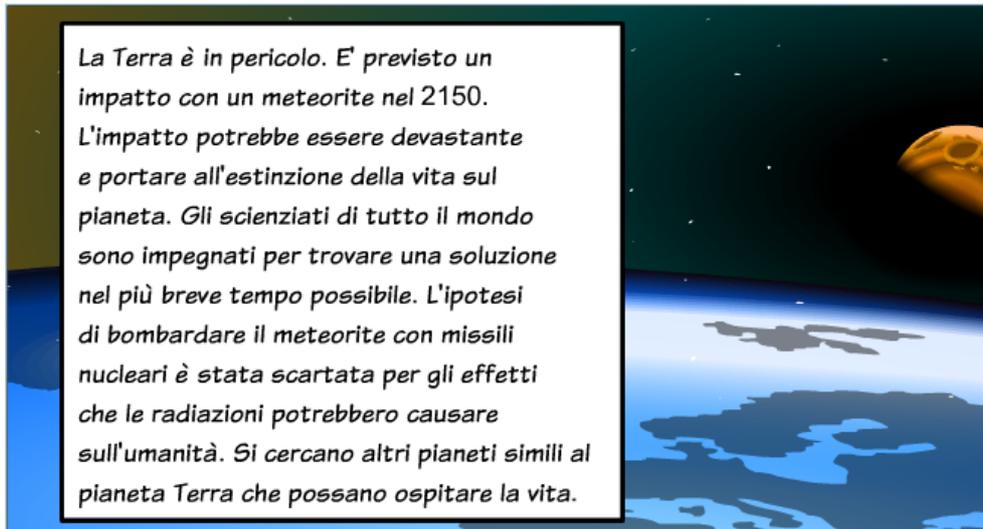


Figura 7: Programma Discovery

È stato scoperto un nuovo pianeta nel sistema solare, e la Nasa lancia la sonda COLOMBO per analizzare i dati provenienti dal pianeta (Figura 8).

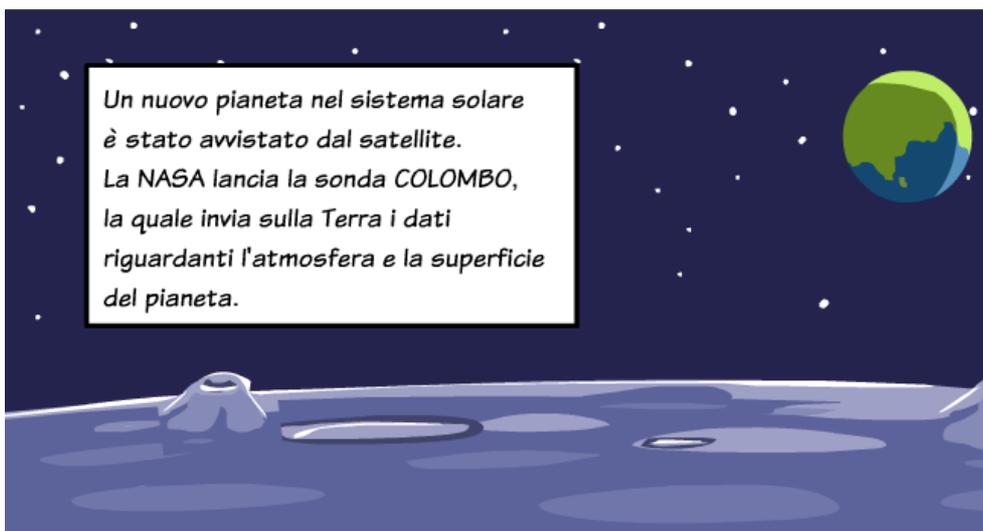


Figura 8: La sonda Colombo

Lo studente si trova ad assumere il ruolo di uno scienziato della Nasa, membro di una équipe guidata dal Prof. Garcia (guida della storia e voce della piattaforma). Obiettivo dell'équipe è quello di analizzare i dati che provengono da una sonda lanciata su un nuovo pianeta, per cercare di capire se questo può ospitare vita (Figura 9).



Figura 9: L'équipe

Durante la fruizione della storia lo studente si troverà ad affrontare quesiti riguardanti la statistica e la costruzione di grafici statistici, la cui risoluzione è necessaria per poter proseguire nel lavoro dell'équipe. Il contenuto didattico, dunque, per il nostro caso di studio, è la rappresentazione e gestione di grafici di statistica descrittiva. La scelta è stata dettata dal fatto che la competenza relativa alla costruzione e interpretazione di tali grafici è sempre più richiesta nei programmi scolastici e nei test di valutazione internazionali, ma la ricerca in didattica ne evidenzia la carenza nella maggior parte degli studenti (Arteaga et al., 2012). La scelta di tale contenuto è dettata anche dal fatto che, spesso in didattica della matematica, le argomentazioni e le spiegazioni vengono analizzate relativamente ad attività di tipo algebrico o geometrico. Analizzare le argomentazioni e le spiegazioni fornite dagli studenti in ambito statistico è sembrata a noi una sfida interessante.

La storia è stata scritta in accordo al modello C&D (Zan, 2011; Zan, 2012), già analizzato nel Capitolo 1 di questa tesi. In particolare:

- c'è una storia: infatti, c'è la sonda che continuamente invia i dati provenienti da nuovo pianeta rappresenta una situazione che evolve nel tempo; c'è il Prof. Garcia, che interagisce lungo tutta la storia con gli altri personaggi, è un

personaggio animato; e si può dire di più, poiché ogni studente è personaggio animato della storia ed è richiesto che interagisca con la storia;

- c'è un collegamento naturale tra storia e domanda: il prof Garcia e ciascuno studente, come singolo e come parte di una equipe, hanno uno scopo non ancora raggiunto, cioè le loro attività servono a scoprire se il nuovo pianeta può ospitare vita. A questo scopo, è necessario (quindi naturale) esaminare i dati statistici inviati dalla sonda (problema matematico);
- la storia è ben strutturata: le varie parti del testo sono collegate fra loro dal punto di vista narrativo (le risposte alle domande servono per meglio affrontare le missioni successive) e le informazioni e i dettagli hanno senso nel contesto narrativo.

5.3.2 Lo script Introduzione

Terminata la fase iniziale, lo studente entra nel vivo dello script Introduzione, sintetizzato nella seguente Figura 10.

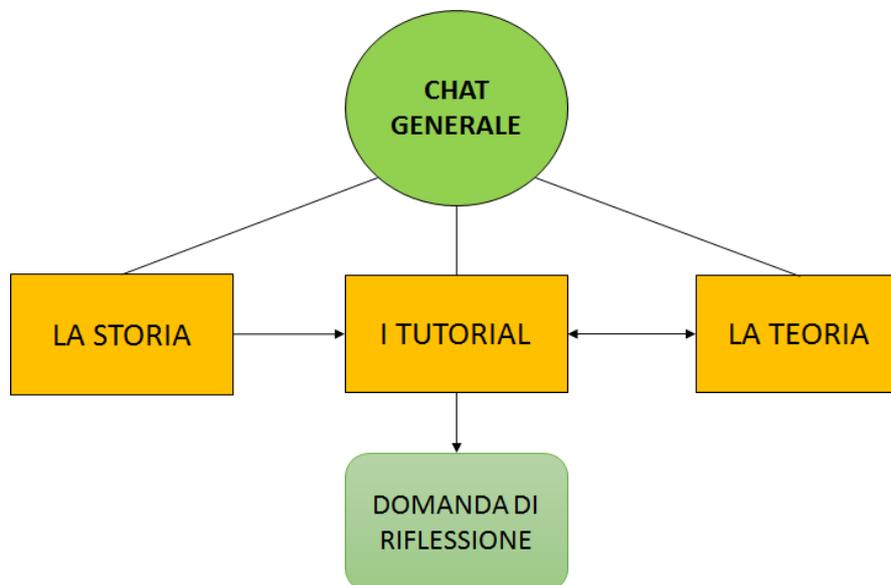


Figura 10: Il disegno dello script Introduzione

Lo studente viene introdotto all'interno della storia e inizia a conoscere alcuni strumenti della piattaforma, come la Chat Generale, con la quale può comunicare con tutti i compagni presenti on-line.

Terminata la fase introduttiva, lo studente lavora in maniera individuale, accedendo ai Tutorial o alle pagine di Teoria, ma può comunicare con tutti i compagni presenti on-line attraverso la Chat Generale e qui, può chiedere o fornire aiuti e suggerimenti (Figura 11). La Chat Generale consente ai partecipanti di comunicare tra loro per confrontarsi sulla risoluzione dei Tutorial. Si tratta, quindi, di una componente sociale dello script.



Figura 11: Introduzione

Le pagine di Teoria sono pagine html con contenuti matematici specifici che, nel nostro caso di studio, riguardano la costruzione di tabelle e grafici statistici.

Il Tutorial è un'applicazione, già descritta in precedenza, che prevede l'interazione dello studente con un oggetto grafico e restituisce due tipi di codici a seconda della correttezza o meno della manipolazione. In funzione del codice restituito, lo studente verrà indirizzato verso un opportuna pagina.

Nel caso specifico di studio, ciascun Tutorial prevede, da parte dello studente, la compilazione di tabelle statistiche interattive o la manipolazione di grafici statistici interattivi. La piattaforma non fornisce allo studente un feedback di correttezza, ma somministra una Domanda aperta di Riflessione, sempre contestualizzata nella storia. Nel caso in cui il tutorial sia stato portato a termine correttamente, la Domanda di Riflessione mira spingere lo studente a spiegare il proprio ragionamento (Figura 12).



Figura 12: Domanda di Riflessione in caso di risposta esatta

Nel caso in cui lo studente non sia riuscito a completare correttamente il Tutorial, la domanda successiva vuole supportare lo studente nel comprendere le ragioni dei propri errori, e per questo gli viene chiesto non solo di spiegare il proprio ragionamento ma anche di provare a individuare dei controlli di verifica che egli stesso può mettere in atto, spingendolo in tal modo verso l'autovalutazione (Figura 13).



Figura 13: Domanda di riflessione in caso di risposta errata

Sebbene la piattaforma non fornisca un feedback verbale di correttezza, il volto del Prof. Garcia assume un'espressione "felice" (Figura 12) o "triste" (Figura 13) a seconda dei casi, suggerendo in tal modo, implicitamente, un riscontro sull'andamento dell'attività.

Lo studente può terminare lo script all'interno del Frame Introduzione in qualsiasi momento. Si tratta, quindi, di un insieme di task che lo studente non dovrà svolgere obbligatoriamente, ma che hanno come obiettivo quello di far acquisire allo studente i prerequisiti necessari per lo svolgimento delle attività. I Tutorial, da questo punto di vista, sono componenti epistemiche dello script. Le successive domande aperte spingono lo studente ad argomentare e, in caso di fallimento, a trovare strumenti cognitivi di autovalutazione. Si tratta, dunque, contemporaneamente, di componenti argomentative ed epistemiche.

La scelte dei percorsi da parte dello studente sono rese possibili dalla Lesson di Moodle, strumento già descritto in precedenza, che consente di creare percorsi personalizzati, non solo in funzione della risposta fornita dallo studente ad una domanda specifica, ma anche della scelta da parte dell'utente.

Sono stati realizzati diversi Tutorial, quasi tutti con il focus sul passaggio da una rappresentazione semiotica ad un'altra. Alcuni Tutorial prevedono l'interazione dello studente con tabelle contenenti frequenze assolute o relative oppure con grafici statistici, come areogrammi, ortogrammi, istogrammi, diagrammi cartesiani,

ideogrammi. Soltanto alcuni di essi, però, sono strettamente legati alle attività proposte in seguito, ossia il Tutorial Areogramma e il Tutorial Ortogramma. Per questo motivo, in questa tesi, abbiamo deciso di descrivere nel dettaglio soltanto queste due applicazioni.

5.3.2.1 Tutorial Areogramma

Lo studente si trova di fronte ad una tabella contenente le frequenze relative dei colori di 20 rocce trovate su un nuovo pianeta. Deve, innanzitutto, rappresentare le informazioni contenute in tabella su un areogramma, manipolando opportunamente i punti blu sulla circonferenza (Figura 14). Durante la manipolazione, da parte dello studente, vengono modificate dinamicamente anche le frequenze percentuali, che vengono visualizzate sulla destra del grafico a torta. Lo studente riuscirà a rappresentare correttamente le informazioni solo se sarà in grado di convertire le frequenze relative in frequenze percentuali. Una ulteriore richiesta è quella di inserire in una casella di testo posta al di sotto del grafico, il valore in gradi dell'ampiezza dell'angolo relativo a uno specifico settore (Figura 14).

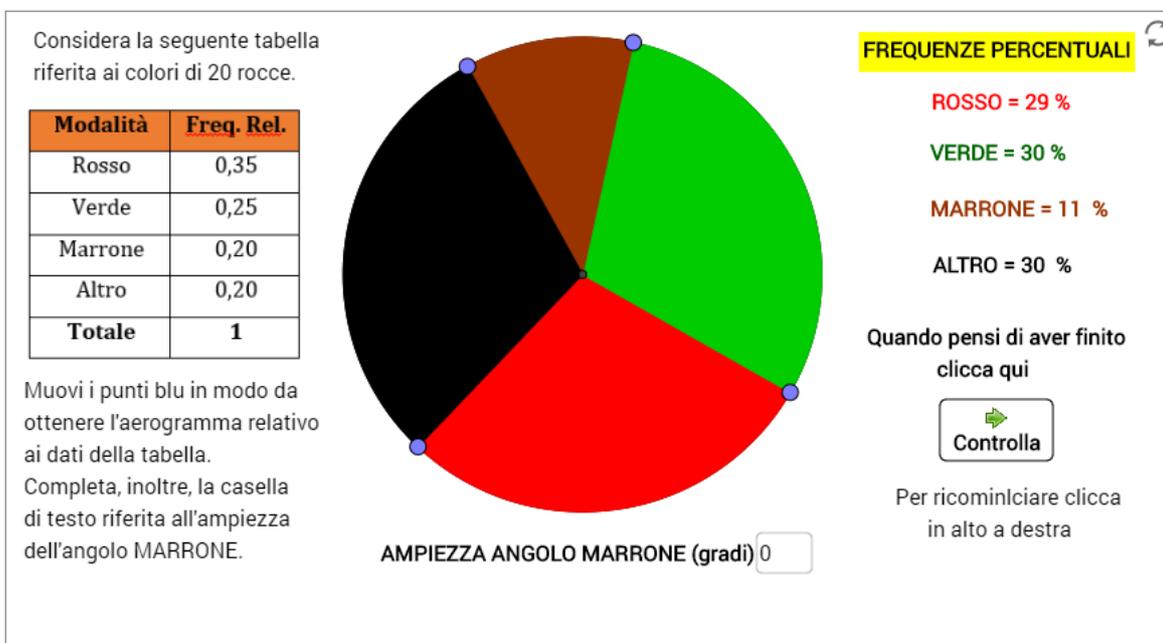


Figura 14: Tutorial Areogramma

Ciò presuppone la capacità, da parte dello studente, di legare le frequenze relative e percentuali agli angoli dei settori circolari di una circonferenza.

Descriviamo ora i dettagli implementativi.

Per realizzare, con GeoGebra, questa applicazione, abbiamo tracciato una circonferenza e su di essa quattro settori circolari, uno per ciascuna delle modalità presenti in tabella (Figura 14). Gli unici oggetti lasciati liberi alla manipolazione sono i punti sul grafico a torta, mentre gli altri elementi sono fissati. Per realizzare il testo sulla sinistra del grafico, abbiamo utilizzato la funzione *Testo* di GeoGebra e, per realizzare la tabella alla sinistra del grafico, abbiamo importato un'immagine nel foglio GeoGebra attraverso il comando *Inserisci immagine da file*, presente nel menu *Modifica*. Per calcolare la frequenza percentuale di ciascun colore di roccia, abbiamo utilizzato cinque variabili, a_1 , a_2 , a_3 , a_4 e a_5 , una per ciascuna frequenza percentuale. A ciascuna variabile a_i abbiamo assegnato il seguente valore:

$$a_i = \text{round}(\text{Area}[s_i] / \text{Area}[c] \cdot 100)$$

dove $\text{Area}[\dots]$ è una funzione GeoGebra che restituisce l'area della figura rappresentata dalla variabile tra parentesi quadre. $\text{Area}[s_i]$, quindi, restituisce il valore dell'area dello specifico settore circolare s_i e $\text{Area}[c]$ restituisce l'area del cerchio c . La funzione *round* di GeoGebra arrotonda all'intero più vicino.

Il valore di ciascuna variabile a_i , è stato, poi, richiamato nel testo che compare sulla destra del grafico (Figura 14).

Lo studente, quando pensa di aver terminato, deve cliccare sul pulsante *Controlla* per sottomettere la sua consegna. Comparirà il codice relativo alla risposta esatta, se il valore di una variabile booleana a è *true*, mentre comparirà il codice relativo alla risposta errata se è *true* il valore di una variabile booleana b . Il pulsante *Controlla* riesce ad attribuire i valori alle variabili a e b poiché, al momento del clic, attiva il seguente codice GGBScript:

```
Se[a1 ≙ 35 ∧ a2 ≙ 25 ∧ a3 ≙ 20 ∧ a4 ≙ 20 ∧ angolo ≙ 72, ImpValore(a,true),  
ImpValore(b,true)]
```

del tipo $Se[Condizione, Oggetto a, Oggetto b]$, che restituisce una copia dell'*Oggetto a* allorché la *Condizione* è soddisfatta, oppure una copia dell'*Oggetto b* se la *Condizione* non è soddisfatta. Il codice sopra, dunque, attribuisce il valore *true* alla variabile *a* (attraverso il comando *ImpValore*) in caso di risposta corretta (lo studente ha costruito il corretto areogramma ed ha calcolato correttamente l'ampiezza dell'angolo marrone). In caso di risposta errata, invece, attribuisce il valore *true* alla variabile *b*.

Nella Figura 15, che segue, presentiamo il codice inserito all'interno della pagina della risposta breve della Lesson di Moodle, che richiama l'applicazione.

```
<iframe scrolling="no"
src="https://tube.geogebra.org/material/iframe/id/qHZH5j3x/width/870/height/480/border/888888/rc/false/ai/false/sdz/false/smb/false/stb/false/stbh/true/ld/false/sri/true/at/auto" width="870px" height="480px" style="border-width: 0px;"></iframe>
```

Figura 15: Codice HTML incorporato all'interno della pagina Moodle

5.3.2.2 Tutorial Ortogramma

Lo studente si trova di fronte ad una tabella che contiene informazioni relative alle frequenze assolute dei colori di roccia trovati sul nuovo pianeta. Gli viene chiesto di costruire l'ortogramma che possa rappresentare queste informazioni, muovendo degli slider posizionati sopra ciascuna barra del grafico (Figura 16).

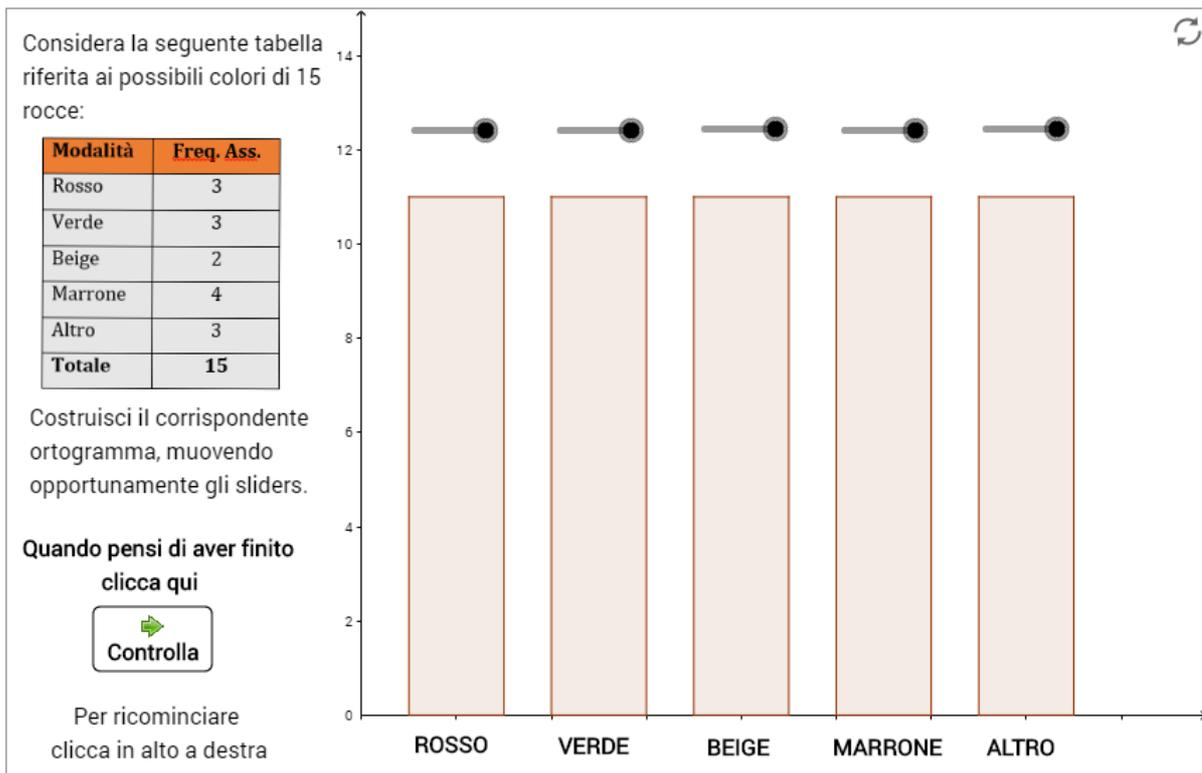


Figura 16: Tutorial Ortogramma

Nel muovere un qualsiasi slider, verrà modificata l'altezza della colonna sottostante. Descriviamo i dettagli implementativi.

Per realizzare, con GeoGebra, questa applicazione, abbiamo visualizzato, nella vista grafica, i semiassi cartesiani positivi, modificando le opzioni in *Preferenze – Grafici* (scegliendo *direzione positiva*). Abbiamo definito, a questo punto, cinque variabili, a , b , c , d ed e , che rappresentano le altezze delle cinque colonne del grafico, modificabili dallo studente, manipolando i relativi slider (Figura 16). Abbiamo impostato, nelle *Proprietà* di ciascuno slider, come valore minimo il valore 0 e come massimo il valore 11, con un incremento unitario. Abbiamo, quindi, disegnato le coppie di punti A1 e A2 (di ordinata la variabile a), B1 e B2 (di ordinata la variabile b), C1 e C2 (di ordinata la variabile c), D1 e D2 (di ordinata la variabile d), E1 ed E2 (di ordinata la variabile e) (successivamente nascosti). A questo punto abbiamo disegnato 5 quadrilateri, uno per ciascuna colonna dell'ortogramma, in cui due dei vertici sono dati da A_i e B_i . In questo modo, alla modifica del valore delle variabili a , b , c , d ed e attraverso gli slider, corrisponde una variazione delle altezze della colonne dell'ortogramma. Avendo fissato ad 1 l'incremento di ciascuno slider,

le altezze delle colonne dell'ortogramma possono assumere soltanto valori interi positivi, compresi tra 0 e 11.

In maniera molto simile al Tutorial descritto nel paragrafo precedente, lo studente, quando pensa di aver terminato, deve cliccare sul pulsante *Controlla* per sottomettere la sua consegna. Compariranno dei codici di risposta che sono legati ai valori di due variabili booleane f e g , attribuiti attraverso il seguente codice GGBScript:

$Se[a \stackrel{?}{=} 3 \wedge b \stackrel{?}{=} 3 \wedge c \stackrel{?}{=} 2 \wedge d \stackrel{?}{=} 4 \wedge e \stackrel{?}{=} 3, ImpValore(f,true), ImpValore(g,true)]$

e assegnati per mezzo del comando *ImpValore*. Il valore *true* della variabile f indica che la risposta è esatta, ovvero lo studente ha scelto correttamente le altezze delle colonne dell'ortogramma, mentre il valore *true* della variabile g indica che la risposta è errata.

Presentiamo, in seguito (Figura 17), il codice inserito all'interno della pagina della risposta breve della Lesson di Moodle, che richiama l'applicazione.



Figura 17: Codice HTML incorporato all'interno della pagina Moodle

5.3.3 L'argomentazione e la spiegazione nel Frame Introduzione

Ripercorrendo la Figura 10, attraverso le descrizioni dettagliate sopra fatte per ciascun task, vediamo quali sono i punti in cui entrano in gioco argomentazione e spiegazione. Nei Tutorial possiamo individuare due momenti, uno strutturato e favorito dallo script e uno libero. Il primo si riferisce al task della Domanda di Riflessione, dove lo studente è esplicitamente invitato a dare ragione delle proprie risposte e, quindi, spinto ad argomentare. Il secondo invece è riferito alla possibilità che lo studente ha, durante tutta l'attività del Frame Introduzione, di comunicare con

i compagni, sia per chiedere aiuto sia per fornire supporto ai compagni in difficoltà, privilegiando, in tal modo, l'aspetto esplicativo.

5.4 Il Frame Livello 1

Come già detto in precedenza, il Frame Livello 1 ha come obiettivo quello di mediare la specifica competenza ad un livello base di difficoltà. Nel caso di studio specifico, è costituito da due collaboration script, il Capitolo 1 e il Capitolo 2, descritti in seguito.

5.4.1 Il Capitolo 1

La metodologia alla base della progettazione di questo script si basa su un approccio misto, che mette insieme un approccio esperienziale, in cui lo studente può manipolare oggetti interattivi per formulare e verificare ipotesi, e un approccio discorsivo di apprendimento della matematica, promuovendo il dibattito interno dello studente e le discussioni tra pari, al fine di mediare una competenza argomentativa. Il disegno dello script è descritto nella seguente Figura 18.

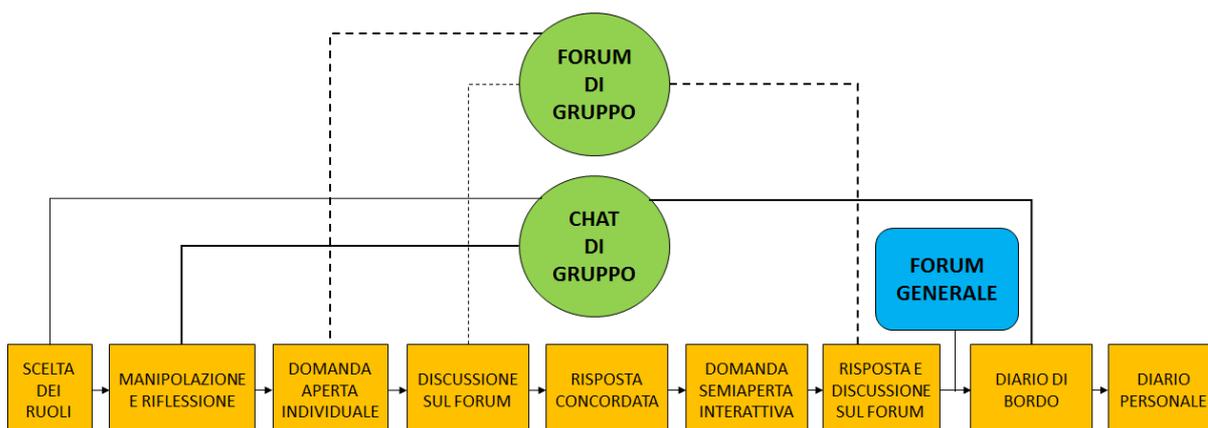


Figura 18: Disegno dello script Capitolo 1

Lo script è costituito da vari task, in cui gli studenti lavorano alternativamente in maniera sociale (task 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9), individuale (task 6, 10) o mista (task 2),

come meglio evidenziato dalla Figura 19, in cui per ciascun task è evidenziato se il contributo sociale avviene usando la chat o il forum di gruppo.

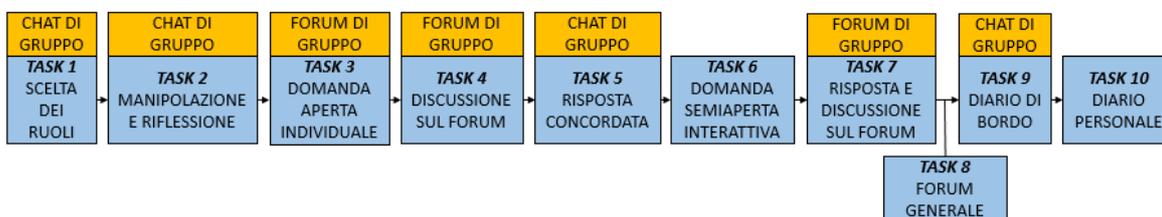


Figura 19: Disegno dello script Capitolo 1 con contributo di chat/forum

5.4.1.1 Task 1: Scelta dei ruoli

Il coinvolgimento, l'attenzione e la partecipazione degli studenti passa per il loro coinvolgimento nel processo di apprendimento. Questo è ancora più vero quando l'esperienza avviene in un contesto di storytelling. In quest'ottica, per favorire la partecipazione attiva dell'intero gruppo, abbiamo previsto un ruolo per ciascun partecipante e tale ruolo va scelto e negoziato tra pari. Questo task, quindi, favorendo l'interazione e la negoziazione all'interno del gruppo, è disegnato come componente sociale di script.

Ogni studente è chiamato a scegliere il proprio ruolo tra quattro possibili: Capitano, Matematico, Informatico e Blogger, concordandolo coi compagni nella Chat di Gruppo.

Il Capitano media la *social literacy*, cioè la capacità di gestire il gruppo da un punto di vista sociale. Ha il compito di promuovere la partecipazione di tutti i compagni nelle discussioni e nei processi decisionali. È il leader del gruppo e il suo ruolo è cruciale per il successo di tutta l'attività.

Il Matematico media la *math literacy*, vale a dire la capacità di risolvere i quesiti matematici posti nel corso della storia. Sottolineiamo che non ha il compito di sostituirsi agli altri per risolvere i quesiti matematici, ma ha piuttosto il compito di raccogliere e sintetizzare le varie soluzioni proposte dai compagni.

L'Informatico media la *digital literacy*, ovvero la capacità di utilizzare in modo efficace strumenti ICT e di supportare i compagni nell'utilizzo di tali strumenti.

Il Blogger media la *blog literacy*, ossia la capacità di sintetizzare i discorsi dei compagni e formalizzarli attraverso social media.

La ripartizione dei ruoli (Figura 20) avviene in piattaforma mediante la discussione in Chat e la risorsa "Scelta limitata" (un solo utente per ciascuna opzione) visibile a tutti e modificabile di Moodle. Ogni studente può proporsi per un ruolo e la libertà di proporsi presuppone che chi lo fa abbia un buon senso di auto-efficacia nella competenza specifica.

A seconda del ruolo scelto, a ciascuno studente vengono fornite specifiche informazioni sui compiti da svolgere nei vari task, in funzione del ruolo scelto.

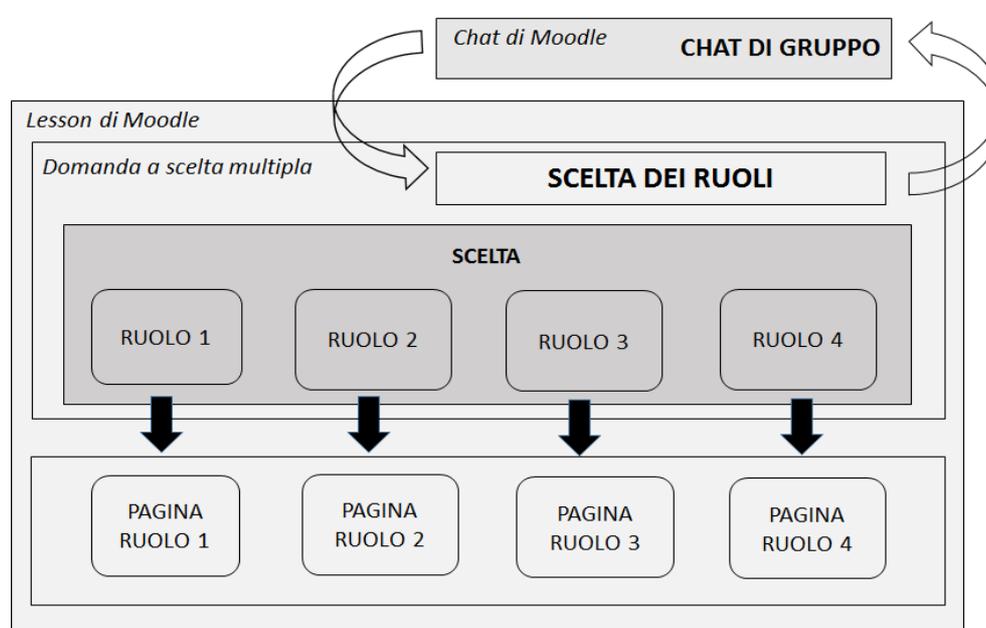


Figura 20: Scelta del ruolo e percorso personalizzato all'interno dello script

Lo script è pensato per un gruppo costituito da 4 membri, dove ciascuno assume un ruolo specifico. In caso di gruppi con un numero di studenti inferiore a 4, uno o più studenti assumeranno più ruoli. Non sono previsti gruppi con più di 4 studenti.

Il task 1 in Programma Discovery

Nella storia Programma Discovery, il ruolo del Matematico è assunto dall'Ufficiale Scientifico, quello dell'Informatico dall'Ufficiale di Rotta e quello del Blogger

dall'Ufficiale delle Comunicazioni. Il Prof. Garcia spiega ai membri dell'équipe quali sono i ruoli in modo che ciascuno possa scegliere (Figura 21).





Figura 21: Scelta dei ruoli

Concordati i ruoli sulla chat, ciascuno studente inserisce il proprio ruolo come risposta nella Lesson che guida l'attività. A seconda della scelta, lo studente viene indirizzato verso una pagina che descrive i compiti da svolgere e le responsabilità nei confronti del gruppo. Ad esempio, allo studente che assume il ruolo di Ufficiale di Rotta (Informatico) viene presentata una pagina che spiega meglio, nell'ottica della storia, quali sono i compiti e le responsabilità legate al suo ruolo (Figura 22).



Figura 22: Compiti specifici per l'Ufficiale di Rotta

Lo studente Ufficiale Scientifico (Matematico) verrà indirizzato verso un'altra pagina che descrive i compiti e le responsabilità legate al suo ruolo (Figura 23).

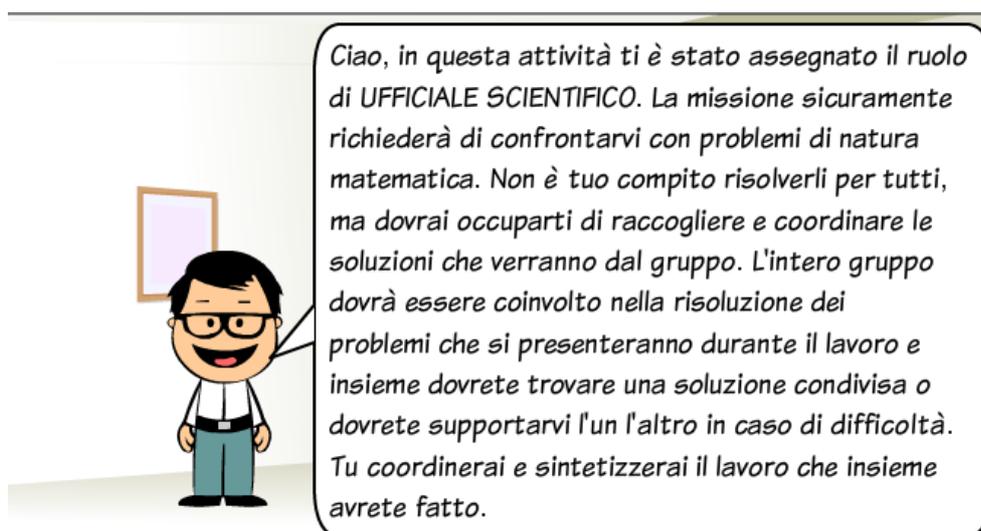


Figura 23: Compiti specifici per l'Ufficiale Scientifico

Analogamente per gli altri due ruoli (Figura 24 e Figura 25)



Figura 24: Compiti specifici per il Capitano



Figura 25: Compiti specifici per l'Ufficiale delle Comunicazioni

5.4.1.2 Task 2: Manipolazione e riflessione

Il task successivo prevede l'interazione con una costruzione GeoGebra interattiva volta a indagare e risolvere un problema posto dalla storia. Lo studente risponde manipolando direttamente il mediatore semiotico utilizzato.

Più precisamente, allo studente viene chiesto di rispondere ad una DGI (Domanda Grafica Interattiva) (task 2 - parte 1). Si tratta di una costruzione interattiva realizzata

con GeoGebra (cfr. paragrafo 5.2.2) che prevede l'interazione dello studente con un "oggetto grafico" e che prevede più risposte esatte, semi-esatte ed errate. Come già descritto, restituisce un codice generato dinamicamente, in funzione della manipolazione dello studente, il quale, una volta terminata la manipolazione, lo inserisce nella text box della risposta breve e la piattaforma, in funzione del codice inserito, lo indirizza verso una opportuna pagina personalizzata. Il codice dinamico, quindi, implementa un meccanismo che consente di catturare un maggior numero di configurazioni e di gestire, quindi, percorsi più mirati (Figura 26).

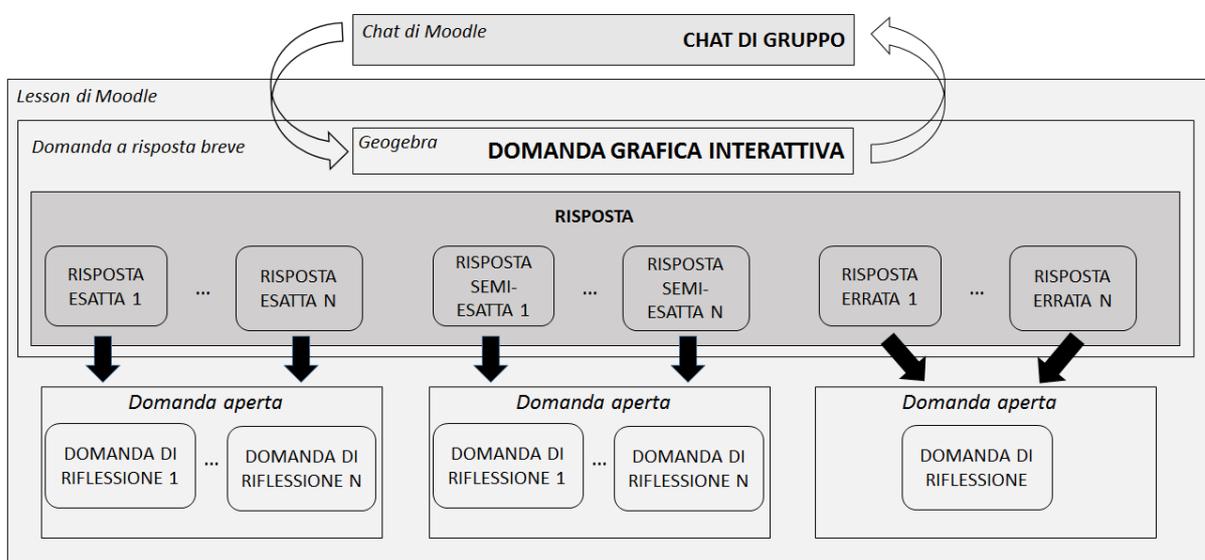


Figura 26: Domanda Grafica Interattiva - percorsi personalizzati

La DGI pone un quesito di tipo interattivo, che prevede la manipolazione da parte dello studente e, in questo modo, favorisce l'attività di problem solving e suggerisce strategie risolutive. Si tratta, dunque, di una componente epistemica di script. Inoltre, essendo data la possibilità ai membri di ciascun gruppo di comunicare tra loro per aiutarsi nella risoluzione del quesito, la DGI è anche una componente sociale.

In funzione della risposta data da ciascun studente, la pagina personalizzata che viene proposta prevede un'opportuna domanda aperta, volta a favorire la riflessione (task 2 - parte 2). In caso di risposta esatta, lo scopo è da un lato di verificare che la risposta sia stata data con contezza e non in maniera casuale, dall'altro lato di focalizzare l'attenzione dello studente sul fatto che possono esserci più risposte

corrette, anche diverse da quella che ha dato. In caso di risposta semi-esatta ed errata, la domanda aperta vuole far riflettere lo studente sulle ragioni delle scelte fatte.

La Domanda aperta di Riflessione, in generale, ha un duplice scopo. Da un lato vuole far riflettere lo studente sulla propria risposta per avviare processi di autoregolazione (in caso di risposta errata o semi-esatta) o permettere allo studente di acquisire maggiore consapevolezza sulla presenza di più risposte corrette (in caso di risposta esatta). Dall'altro lato, vuole avviare lo studente alla formulazione di una spiegazione o di un'argomentazione, a seconda che percepisca l'altro scienziato come un suo pari o uno meno esperto, e in tal caso lo studente potrebbe spiegare, o lo percepisca come uno più esperto o un estraneo (cioè non si senta sufficientemente coinvolto nella storia), e in tal caso è più facile che tenda ad argomentare.

Questa parte del task nasce come possibile applicazione del metodo di doppia stimolazione di Vygotskij (cfr. Capitolo 2, paragrafo 2.1): lo studente viene dapprima posto di fronte ad una situazione problematica (task 2 - parte 1) e, successivamente, in funzione della sua risposta, gli viene fornito uno stimolo aggiuntivo che possa essere un ausilio per raggiungere la risoluzione di tale situazione problematica.

Così come è disegnata, la Domanda di Riflessione è una componente dello script sia argomentativa che epistemica, poiché da un lato spinge lo studente a spiegare e argomentare e dall'altro, supportandolo in un processo di autoregolazione, in realtà suggerisce implicitamente strategie risolutive.

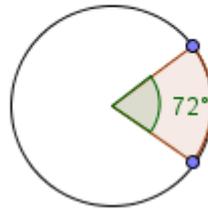
Il task 2 in Programma Discovery

Nel nostro caso di studio, la DGI, inserita nel contesto storia, presenta un aerogramma, con raggio unitario, dove la parte colorata, corrispondente ad un angolo di 72° , rappresenta la percentuale di pietra rossa presente sul nuovo pianeta (20%). Lo studente è invitato a rappresentare la stessa percentuale in un altro aerogramma con un raggio più grande, compreso tra 1 e 4 (Figura 27).

La sonda ha comunicato che la percentuale di roccia rossa attualmente trovata sul nuovo pianeta è il 20%. In basso trovate questa informazione rappresentata in un areogramma, ma il raggio della circonferenza è troppo piccolo e quando ci troveremo ad aggiungere i dati delle altre rocce il grafico risulterà poco chiaro. Prova ad utilizzare un raggio più grande per rappresentare la stessa percentuale. Aiutati comunicando con i tuoi compagni nella chat.



Areogramma con raggio=1

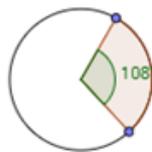


Muovi i punti blu sulla circonferenza e lo slider del Raggio per rappresentare sul grafico l'informazione data sulla quantità di roccia.

Raggio = 1



Quando pensi di aver finito inserisci il seguente codice nella "tua risposta"



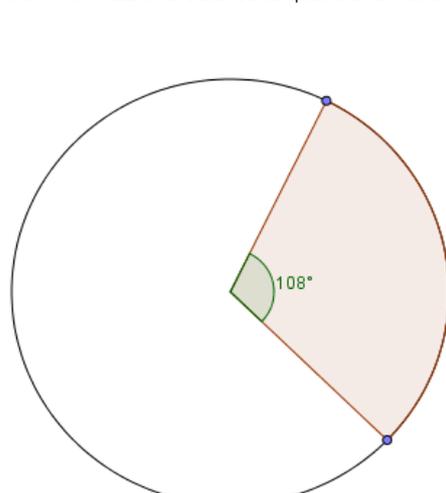
442368

Per ricominciare clicca in alto a destra

Figura 27: Domanda Grafica Interattiva in Programma Discovery

Per cambiare il raggio della circonferenza, lo studente può usare uno slider, mentre per cambiare l'angolo può spostare due punti di controllo sulla circonferenza per (Figura 28).

Muovi i punti blu sulla circonferenza e lo slider del Raggio per rappresentare sul grafico l'informazione data sulla quantità di roccia.



Raggio = 3

Quando pensi di aver finito inserisci il seguente codice nella "tua risposta"

3072216

Per ricominciare clicca in alto a destra

La tua risposta

Figura 28: Domanda grafica interattiva in Programma Discovery

Per realizzare tale applicazione, con GeoGebra, è stata disegnata una circonferenza di dati centro e raggio. Al raggio è stato assegnato il valore di una variabile r , modificabile dinamicamente, attraverso uno slider. È stato impostato, nelle *Proprietà* di slider, come valore minimo il valore 1 e come valore massimo il valore 4, con incremento unitario. L'applicazione restituisce un codice dinamico in funzione della manipolazione da parte dello studente dei punti sulla circonferenza e dello slider. Il codice è visualizzato attraverso la funzione *Testo* di GeoGebra. Il testo richiama il valore della variabile *codice*, generato come giustapposizione di due stringhe. La prima stringa è formata da 4 caratteri ed è ottenuta moltiplicando il valore del raggio per 1024 (numero a scelta del progettista dell'applicazione). La seconda stringa è ottenuta, invece, arrotondando l'ampiezza dell'angolo all'intero più vicino (attraverso la funzione *round*) e moltiplicando tale numero per 2 (numero

a scelta del progettista dell'applicazione). In questo modo abbiamo il seguente codice:

$$1024 * \text{Raggio} 2 * \text{round}(\text{angolo} / ^\circ)$$

Attraverso il comando GeoGebra / ° abbiamo reso l'ampiezza dell'angolo un numero puro. La formula utilizzata per generare il codice è stata creata, da un lato, per non consentire allo studente di risalire a come il codice stesso sia stato generato e, dall'altra, per poter risalire con semplicità all'ampiezza dell'angolo e al valore del raggio, scelti dall'utente. Ad esempio, il codice ottenuto, relativamente ad un angolo di ampiezza 108° e ad un raggio di misura 3 unità, è 3072216 (Figura 28). Dal codice 3072216 è facile ricavare il valore del raggio, dividendo il numero 3072 (i primi 4 caratteri) per 1024 e l'ampiezza dell'angolo, dividendo la restante parte del codice, 216, per 2.

La risposta, fornita dallo studente, sarà etichettata come:

- esatta, se lo studente imposta l'angolo corretto (72°) e aumenta il raggio (a 2 o 3 o 4);
- semi-esatta, se lo studente imposta l'angolo corretto, senza cambiare il raggio (ovvero lo lascia a 1);
- errata, se lo studente imposta un angolo errato (diverso da 72°).

In maniera analoga a quanto avviene per i Tutorial, allo studente è richiesto di inserire il codice generato dall'applicazione nella text box della risposta, all'interno della Lesson di Moodle. In funzione della risposta fornita dallo studente, grazie alle potenzialità della Lesson, siamo in grado di somministrare un'opportuna Domanda aperta di Riflessione, strettamente legata alla configurazione finale fornita dallo studente. In corrispondenza di ciascuna delle possibili risposte esatte, ad esempio ampiezza pari a 72° e raggio 2 (configurazione che la piattaforma riesce a ricostruire e riconoscere), verrà somministrata la specifica Domanda aperta di Riflessione, presentata in Figura 29, senza fornire alcun feedback di correttezza.



Figura 29: Domanda di Riflessione in caso di risposta esatta

In caso di risposta semi-esatta o errata, verrà somministrata la medesima domanda di riflessione, con la richiesta di spiegare le ragioni delle scelte fatte (Figura 30).



Figura 30: Domanda di riflessione in caso di risposta semi-esatta o errata

L'interazione con l'ambiente nel quale è rappresentato l'areogramma permette, quindi, un controllo sulle risposte individuali e offre la possibilità di elaborare individualmente la propria risposta. L'interazione con i compagni, favorita dall'organizzazione della piattaforma, permette di riflettere sulla propria risposta, correggerla, ma soprattutto elaborarne una giustificazione della correttezza.

5.4.1.3 Task 3: Domanda Aperta Individuale

Dopo una fase esperienziale e la successiva riflessione guidata, lo studente è chiamato a rispondere a una domanda aperta che vuole generalizzare l'esperienza e i risultati a cui è giunto. Questo task cerca di indurre ragionamenti che superino motivazioni legate al caso specifico e che facciano riferimento a principi e concetti generali. La richiesta di generalizzazione è un compito che può indurre ad elaborare argomenti a supporto della correttezza di una risposta e favorisce l'emergere di argomentazioni. La risposta dev'essere postata sul Forum di gruppo Domande e Risposte di Moodle, che impedisce l'accesso ai post fino a quando lo studente non abbia aggiunto il proprio. Questo meccanismo garantisce l'autonomia e la parità di condizioni e incentiva la partecipazione. Questo task, analogamente al caso della Domanda aperta di Riflessione (task 2 – parte 2), è contemporaneamente una componente argomentativa ed epistemica. Infatti, se da un lato, cerca di favorire la produzione di argomentazioni individuali, dall'altra cerca di avviare processi metacognitivi che implicitamente potrebbero indicare allo studente una strategia risolutiva.

Il task 3 in Programma Discovery

Nello specifico caso di studio, nel contesto storia, il professor Garcia chiede, al fine di facilitare il compito ad altri scienziati con lo stesso problema, di lasciare appunti su come si è affrontato e risolto il compito. In particolare chiede di spiegare sul forum "Lasciamo appunti" come l'angolo del settore circolare dell'areogramma varia al variare del raggio e di motivare la risposta (Figura 31).

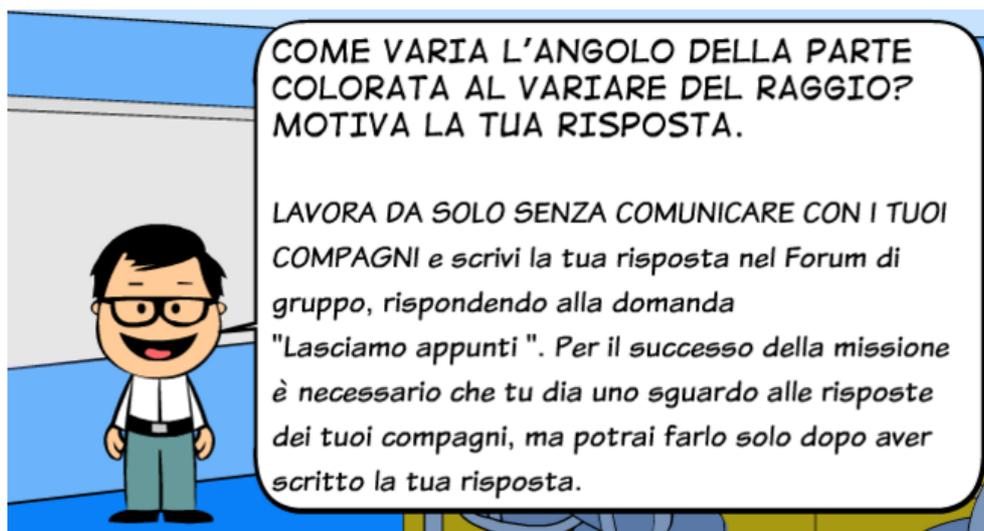


Figura 31: Task 3 in Programma Discovery

In questo task vengono assegnati dei compiti specifici all'Ufficiale di Rotta, che avrà il compito di aiutare i compagni a postare la risposta sul forum, e al Capitano, che avrà il compito di verificare la partecipazione da parte di tutti (Figura 32).



Figura 32: I ruoli nel Task 3 in Programma Discovery

5.4.1.4 Task 4: Discussione sul forum

Quando tutti gli studenti hanno inviato la risposta al Forum, la discussione continua con l'obiettivo di concordarne una comune. Questa fase si avvale dello stesso Forum Domande e Risposte del task precedente con un duplice vantaggio. In primo luogo "garantisce" il completamento della fase precedente; infatti, se lo studente non posta, non può partecipare alla discussione successiva, perché non vede le risposte dei compagni. In secondo luogo, il Forum, a differenza della Chat che prevede un linguaggio più immediato, spinge lo studente verso un linguaggio più formale e "matematico", favorendo così lo sviluppo dell'abilità argomentativa e il passaggio a un registro più colto.

È una componente sociale dello script poiché media l'interazione all'interno del gruppo e la discussione. Allo stesso tempo è anche una componente argomentativa poiché la discussione di gruppo è pensata per favorire attività argomentative e, visto che, la discussione può innescare processi risolutivi negli studenti, è altresì una componente epistemica.

Il task 4 in Programma Discovery

Nel caso specifico di studio, sempre nell'ottica della storia, il Prof. Garcia, su richiesta degli altri scienziati, chiede all'equipe di formulare una risposta comune sul forum "Lasciamo appunti", utilizzato nel task precedente (Figura 33).



Figura 33: Task 4 in Programma Discovery

In questo task sono coinvolti attivamente i vari ruoli: il Capitano controlla che ciascuno intervenga, l'Ufficiale di Rotta aiuta i compagni col forum, l'Ufficiale Scientifico cerca di individuare la risposta migliore dal punto di vista matematico e aiuta chi è in difficoltà (Figura 34).



Figura 34: I ruoli nel Task 4 in Programma Discovery

5.4.1.5 Task 5: Risposta concordata

La risposta e la motivazione, concordate dal gruppo nel Forum, devono poi consegnate in un Compito di Moodle (cfr. paragrafo 5.1). Per aumentare il

coinvolgimento e la responsabilizzazione è adottata la consegna di gruppo che dà a ciascuno la possibilità di modificare la consegna, ma obbliga tutti a dare il proprio assenso per chiudere la consegna. Questo task ha come obiettivo quello di spingere lo studente ad interagire con gli altri perché la consegna sia effettivamente condivisa e, in questa ottica, si tratta di una componente sociale dello script. Inoltre, visto che il gruppo deve motivare la propria risposta, è altresì una componente argomentativa. D'altro canto, è anche una componente epistemica, poiché ciascuno studente può trarre vantaggio dall'interazione con gli altri e comprendere meglio eventuali errori commessi.

Il task 5 in Programma Discovery

L'Ufficiale delle Comunicazioni redige la risposta e la motivazione, seguendo le indicazioni dei compagni, l'Ufficiale Scientifico controlla che il tutto sia "matematicamente" corretto e che la motivazione sia chiara, l'Ufficiale di Rotte guida i compagni nella redazione del testo e il Capitano chiude la consegna, supervisionando lo svolgimento dell'intera fase (Figura 35).

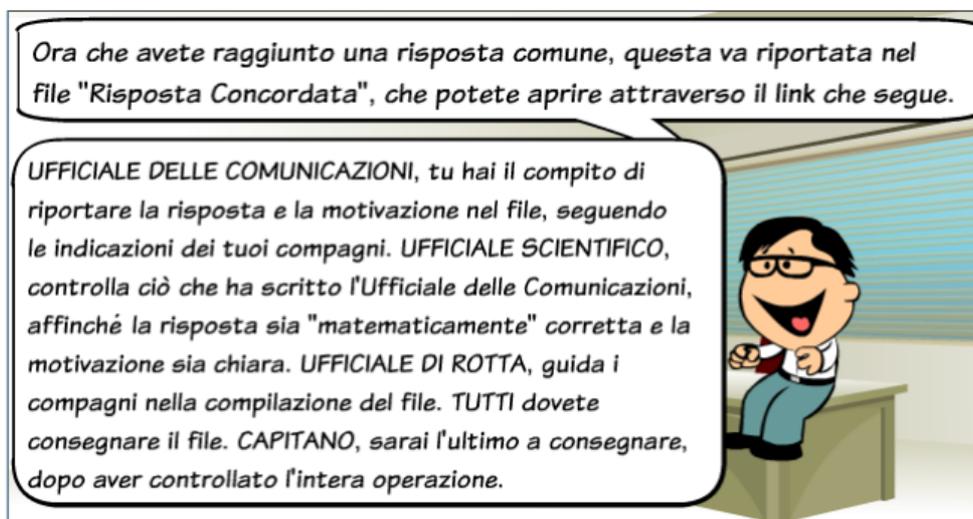


Figura 35: Task 5 in Programma Discovery

5.4.1.6 Task 6: Domanda Semiaperta Interattiva

In questa fase dello script, lo studente risponde individualmente a una DSI, Domanda Semiaperta Interattiva (cfr. paragrafo 5.2.3) senza comunicare coi propri

compagni. Si tratta di una domanda, la cui risposta prevede l'aggregazione da parte dello studente di blocchi-parole (tessere) resi disponibili, al fine di costruire un'affermazione e una motivazione a supporto.

L'obiettivo è quello di consentire allo studente un passaggio verso un registro ancor più evoluto, più vicino ad un linguaggio condiviso dalla comunità scientifica e matematica. A tal fine, le tessere sono costruite per mettere in evidenza la struttura causale di un'argomentazione. Lo studente costruisce, attraverso la manipolazione delle tessere, una proposizione principale (affermazione), una proposizione subordinata (motivazione), unite tra loro da una congiunzione causale (perché, poiché, dato che, siccome, ...). È previsto un blocco distinto per ciascuna di tali congiunzioni, considerate dall'applicazione tutte equivalenti, affinché lo studente, da una parte possa vederne l'equivalenza ed utilizzarle indistintamente, e dall'altra essere consapevole del ruolo fondamentale che la congiunzione assume per creare la tessitura di una frase. D'altro canto, per far comprendere allo studente che un'argomentazione può essere costruita secondo diverse modalità equivalenti, l'applicazione prevede la possibilità di costruire le seguenti tipologie di enunciati:

- proposizione principale - congiunzione causale - proposizione subordinata
- congiunzione causale - proposizione subordinata - proposizione principale

Come già chiarito, la DSI non è realmente a risposta aperta, ma può essere un'ottima alternativa, a condizione che i blocchi-parole vengano scelti in modo da costruire frasi quanto più vicine al linguaggio e al pensiero reale dello studente in una situazione simile. Per questo scopo, è possibile utilizzare le risposte che provengono dal task 2 (domanda aperta individuale) nelle varie sperimentazioni e, utilizzarle per costruire un database di blocchi-parole più vicine al pensiero realistico dello studente.

Il task è puramente di tipo argomentativo in quanto spinge lo studente, individualmente, a formulare un'argomentazione in un linguaggio quanto più vicino a quello della comunità scientifica. Si tratta dunque di una pura componente di script argomentativo.

Il task 6 in Programma Discovery

Nell'ambito della storia del caso specifico di studio, il prof. Garcia invita ciascuno studente a riformulare la risposta, precedentemente fornita in maniera individuale e

poi concordata in gruppo, poiché gli altri scienziati ne richiedono una più breve. Viene, quindi, presentata nuovamente la situazione problematica (Figura 36)

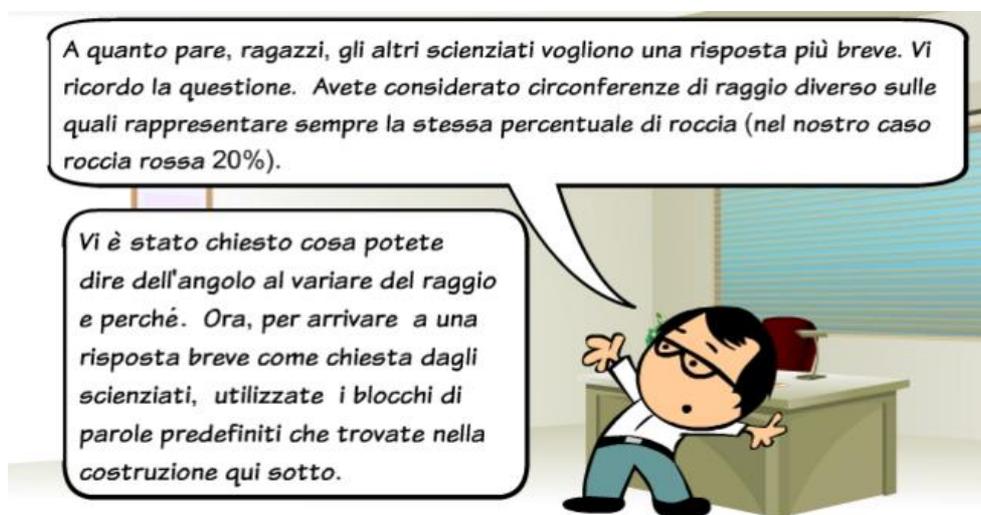


Figura 36: Task 6 in Programma Discovery

e lo studente si trova di fronte ad una DSI, con la possibilità di manipolare 30 blocchi-parole per costruire la propria risposta, costruibile con 4 blocchi-parole. La risposta esatta (Figura 37) è una delle seguenti:

- *l'angolo non varia - poiché/perché/dato che/siccome - è sempre pari al 20% dell'angolo giro* (proposizione principale - congiunzione causale - proposizione subordinata)
- *poiché/perché/dato che/siccome - è sempre pari al 20% dell'angolo giro - l'angolo non varia* (congiunzione causale - proposizione subordinata - proposizione principale).

Muovi i blocchi blu e sovrapponili ai blocchi trasparenti in modo da costruire la frase corretta qui sotto. Per riavviare clicca in alto a destra.

l'angolo non varia poiché è sempre pari al 20% dell'angolo giro

Quando pensi di aver finito, inserisci il seguente codice nella "tua risposta"

Codice: 1126481382711422174

al 20% dell'angolo retto	diminuisce	non è mai pari		dato che
al quadrato del raggio	alla parte colorata		alla circonferenza	è inversam. proporz.
è direttam. proporz.	con il cerchio	al 20% dell'angolo piatto	col quadrato del raggio	l'angolo aumenta
perché	l'angolo cambia	aumenta	con la parte colorata	al raggio
con il raggio			all'area del cerchio	può aumentare
l'angolo diminuisce	all'area del cerchio	l'angolo cresce	siccome	può essere pari

Puoi copiare il codice in rosso utilizzando CTRL+C e puoi incollarlo nella "tua risposta" utilizzando CTRL+V

La tua risposta

Figura 37: Domanda Grafica Interattiva in Programma Discovery

Come già precisato in precedenza, tutte le congiunzioni causali (*poiché/perché/dato che/siccome*) sono considerate tutte equivalenti dall'applicazione.

La risposta è semi-esatta o errata, a seconda che tale sia l'affermazione costruita dallo studente, indipendentemente da dove sia posizionata nella frase costruita.

Le tessere sono state realizzate utilizzando la funzione *Poligono* di GeoGebra. I vertici di ciascuna tessera sono stati nascosti per impedire allo studente di deformarla. Il testo, all'interno di ciascuna tessera, è stato inserito come *Legenda*, visualizzata al posto del nome dell'oggetto. È stata utilizzata l'opzione di GeoGebra *Vincola alla griglia* per consentire allo studente di far coincidere le tessere scelte con i 4 blocchi disponibili (Figura 37).

La DSI, in maniera molto simile a quanto descritto per la DGI, restituisce un codice generato dinamicamente in funzione della manipolazione da parte dello studente e,

in particolare, in funzione della posizione di ciascuna tessera. In questo modo riusciamo a risalire esattamente alla frase costruita dallo studente e, quindi, di indirizzarlo verso un percorso successivo personalizzato.

Sono state individuate tre tipologie di tessere: tessere “affermazione”, per costruire la proposizione principale; tessere “congiunzione”, con le congiunzioni causali e tessere “motivazione”, per costruire le proposizioni subordinate. Il codice generato dall’applicazione, anche in questo caso, è una giustapposizione di stringhe. Ogni stringa è funzione della posizione di una o più tessere della stessa tipologia.

Un esempio di stringa è la seguente:

$$abs(x(A_1) + x(B_1) + x(C_1) + x(D_1)) + abs(y(A_1) + y(B_1) + y(C_1) + y(D_1)).$$

È funzione delle coordinate dei punti A_1 , B_1 , C_1 e D_1 , vertici di una specifica tessera (nel caso specifico, di una tessera risposta). La funzione *abs* di GeoGebra restituisce il valore assoluto dell’argomento. Il codice che viene visualizzato allo studente (Figura 37) è generato unendo stringhe simili a quella appena descritta.

Le frasi che si possono costruire, utilizzando le tessere disponibili, sono in numero finito. A partire da ciò, siamo in grado di sapere a priori i codici che possono essere generati e, dunque, all’interno della Lesson di Moodle, possiamo effettuare un controllo secondo una casistica predefinita, che consente un opportuno indirizzamento per una pagina successiva.

Essendo il codice numerico, fornito dall’applicazione, costituito da molti caratteri poiché funzione della posizione di ciascuno dei vertici di ciascun blocco, è data la possibilità allo studente di copiarlo e incollarlo nell’apposita text-box, per facilitargli il compito ed evitare errori di trascrizione (Figura 37).

5.4.1.7 Task 7: Risposta sul forum e discussione

Costruita la frase con le tessere, lo studente la invia al Forum di gruppo a Domande e Risposte. In caso di risposta esatta, la piattaforma gli attribuisce il bollino di Campione e il compito di aiutare i compagni che non hanno risposto correttamente. Il Campione, oltre a riportare l’affermazione e la motivazione, costruite con le tessere e a spiegare il suo ragionamento, scrive sul Forum il feedback ricevuto e si dichiara Campione. Ciascuno studente vedrà le risposte altrui solo dopo aver

postato la propria e solo allora potrà quindi confrontare quanto ha prodotto con l'eventuale risposta dei Campioni.

Questa prima parte del task è una componente argomentativa dello script, poiché lo studente dovrà, oltre che riportare la risposta costruita con i blocchi-parole, spiegare meglio il suo ragionamento. D'altronde prevede il confronto con le risposte altrui e, in particolare con quelle dei Campioni. Dal confronto può emergere una strategia risolutiva e, dunque, si tratta in aggiunta di una componente epistemica.

A questo punto, la piattaforma spinge ciascun studente a discutere, sul Forum Domande e Risposte, delle risposte prodotte nello stesso thread dove è stata inviata la risposta. Ciò garantisce ancora una volta che l'accesso alla discussione avvenga solo dopo che ciascuno ha postato la propria risposta. La discussione favorisce l'interazione all'interno, la produzione di spiegazioni o argomentazioni e l'emergere di una linea risolutiva. Si tratta, quindi, di una componente sociale, epistemica ed argomentativa.

Il task 7 in Programma Discovery

Nel caso di studio specifico, lo studente invia la propria risposta al Forum di gruppo a Domande e Risposte nel thread "Confrontiamoci" (Figura 38).

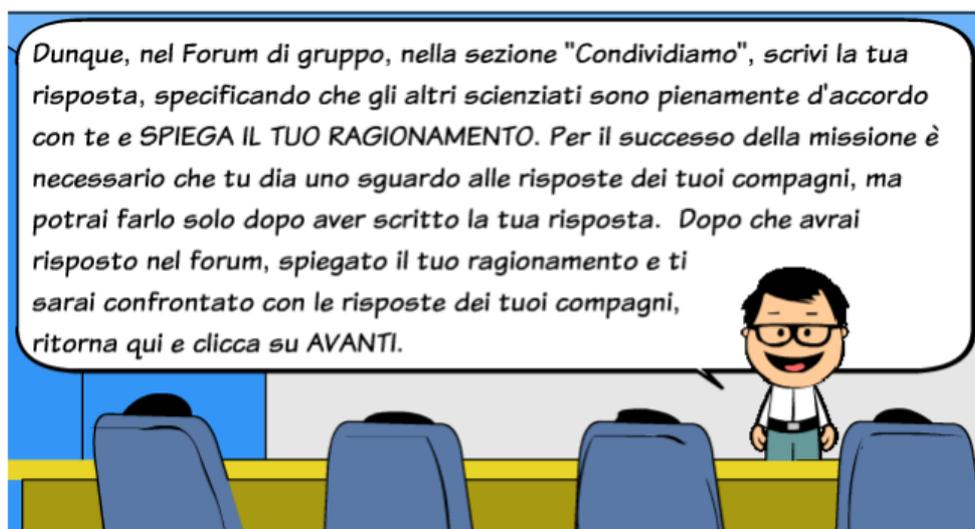


Figura 38: Task 7 - Risposta sul forum in Programma Discovery

Nello stesso thread avviene la discussione di gruppo (Figura 39).



Figura 39: Task 7 - Discussione sul forum in Programma Discovery

Questa parte del task, molto simile ai task 3 e 4, vede coinvolti tutti i ruoli con la medesima modalità. In particolare, il Capitano è responsabile della discussione e l'Ufficiale di Rotta aiuta i compagni nell'utilizzo del Forum (Figura 40).



Figura 40: I ruoli nel Task 7 in Programma Discovery

C'è da osservare che questo task è l'unico dell'intero script che fornisce un feedback di correttezza, anche se solo in caso di risposta esatta. Lo scopo è quello di trasferire al gruppo, nella figura dei Campioni, il ruolo di esperto, classicamente tenuto dal docente. Questo è l'obiettivo dell'intero script e si concretizza ogni volta che ci sono discussioni e confronti, ma in maniera evidente soprattutto in questo task, in quanto lo studente che è stato in grado di costruire con le tessere la giusta

risposta e motivazione, ha mostrato di possedere una competenza che può mettere a disposizione dei compagni.

5.4.1.8 Task 8: Forum generale

In questo momento dello script viene attivato il Forum generale, condiviso tra tutti gli utenti, dove ciascuno può chiedere aiuto e porre domande. Il compito di rispondere è affidato ai Campioni dei vari gruppi e, se necessario, a un Tutor (che può essere il docente). Il Forum generale resta sempre attivo, non solo durante la fruizione dell'attività al fine di far avviare in maniera spontanea delle discussioni, ma anche in momenti successivi. La presenza del Tutor risulta fondamentale soprattutto per gli studenti in gruppi senza Campioni. I task 6, 7 e 8 sono schematizzati insieme in Figura 41.

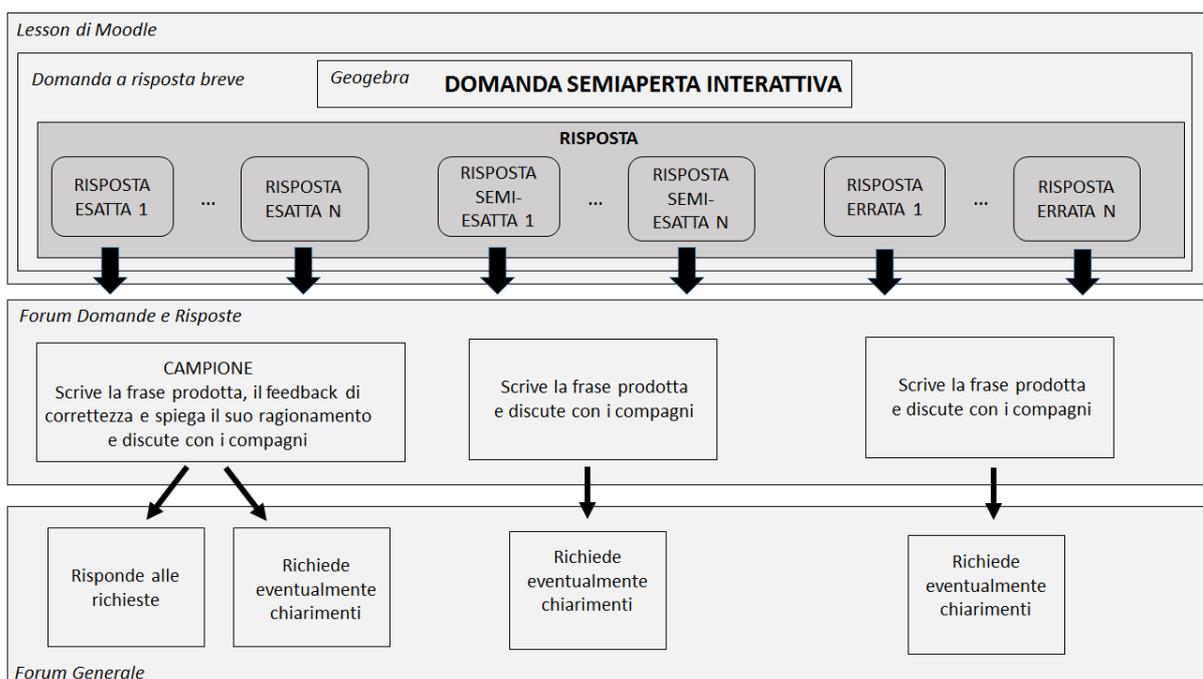


Figura 41: I Task 6, 7 e 8

Se lo studente ha risposto in maniera esatta nel task precedente è Campione nel proprio gruppo e in questo task la piattaforma gli assegna il compito di aiutare gli altri. Se nel task precedente lo studente ha risposto in maniera semi-errata (affermazione esatta e motivazione errata) o errata (affermazione sbagliata), può chiedere sul Forum generale chiarimenti agli "esperti".

Questo task prevede l'interazione tra studenti, Campioni e Tutor e attraverso questa interazione lo studente può ricevere/inviare argomentazioni e ricevere/dare indicazioni sulla risoluzione del quesito. Per come è stata disegnata, quindi, si tratta di una componente epistemica, argomentativa e sociale.

Il task 8 in programma Discovery

Nel caso di studio specifico, se lo studente risponde in maniera esatta al task 7, è nominato Campione del gruppo e ha il compito di aiutare gli altri nel Forum generale. (Figura 42).



Figura 42: Il Task 8 per i Campioni in Programma Discovery

Se nel task 7, invece, lo studente risponde in maniera semi-errata o errata, il prof. Garcia lo invita a chiedere chiarimenti agli "esperti" (Figura 4343).



Figura 43: Il Task 8 in caso di risposta errata in Programma Discovery

5.4.1.9 Task 9: Diario di bordo

A completamento dell'attività, gli studenti hanno il compito di annotare nel Diario di Bordo, implementato attraverso il Wiki collaborativo di gruppo (cfr. paragrafo 5.1) le informazioni ritenute utili per la missione: appunti, immagini, link e altro. Si tratta, quindi, di un task di gruppo strettamente cognitivo. È pertanto una componente sociale dello script.

Il Blogger coordina i compagni ed è responsabile dell'attività di scrittura collaborativa, l'Informatico lo aiuta nella compilazione del diario e il Capitano supervisiona l'intera operazione.

Il Diario di bordo di gruppo accompagna il team per l'intera missione e va nella direzione della condivisione e del confronto. Ciò risulta coerente con lo spirito dell'intera attività.

Il task 9 in Programma Discovery

Nel caso di studio specifico, l'Ufficiale delle Comunicazioni coordina i compagni ed è responsabile dell'attività di scrittura collaborativa, l'Ufficiale di Rotta lo aiuta nella compilazione del diario, e il Capitano supervisiona l'intera operazione (Figura 44).



Figura 44: Il Task 9 in Programma Discovery

5.4.1.10 Task 10: Diario personale

Accanto al Diario di Bordo, ogni studente redige un Diario personale in cui scrive le sue impressioni sull'attività, le difficoltà incontrate e il modo in cui le ha superate. È implementato come una o più domande a testo aperto, volte a favorire la metacognizione, poste all'interno della Lesson in quanto strettamente collegate all'attività appena svolta (Figura 45).

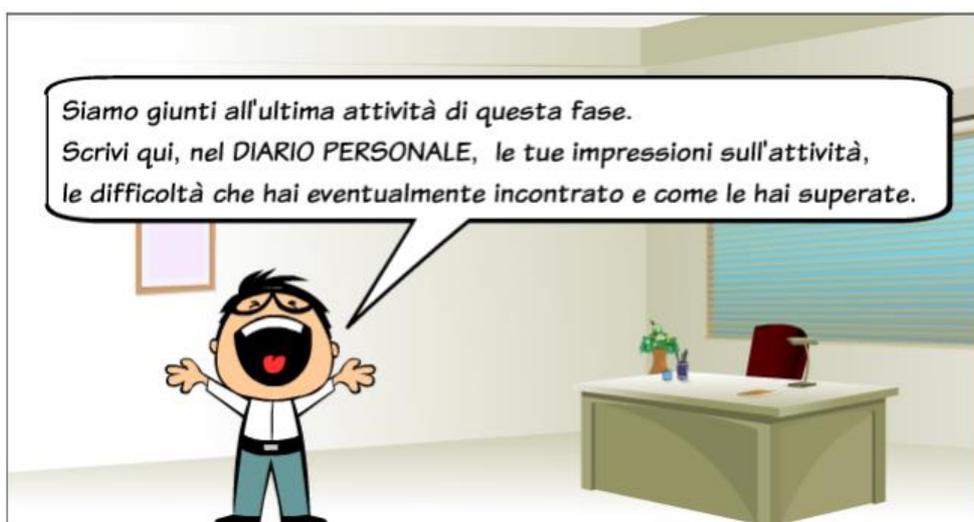


Figura 45: Il Task 10 in Programma Discovery

Essendo un'attività individuale pensata per favorire processi metacognitivi, si tratta di una componente epistemica dello script.

5.4.1.11 L'argomentazione e la spiegazione nel Capitolo 1

Il Capitolo 1 media la competenza argomentativa attraverso vari task e vari strumenti (chat, forum, wiki, Lesson). Ciascun task, ad eccezione del task 1 (puramente sociale), è stato disegnato per favorire la produzione da parte degli studenti di argomentazioni e/o spiegazioni.

Durante la fase di manipolazione e riflessione (task 2), lo studente risponde dapprima ad una Domanda Grafica Interattiva (DGI), manipolando l'oggetto grafico GeoGebra e, successivamente, risponde ad una Domanda di Riflessione, personalizzata a seconda della risposta fornita nella manipolazione. Lo studente risponde in maniera individuale, ma può comunicare con i propri compagni sulla Chat di gruppo. Questa fase comunicativa in chat è stata pensata per favorire il confronto con i propri compagni sulla ricerca della risposta al quesito posto, in un ambiente informale come la chat e quindi utilizzando il linguaggio in un registro colloquiale. Potranno essere presenti momenti in cui è prevalente l'aspetto argomentativo, che sono quelli in cui lo studente cerca di convincere i propri compagni della correttezza di quanto da lui proposto come risposta, e momenti in cui è prevalente l'aspetto di spiegazione, quando il discorso dello studente mira a far comprendere meglio ai propri compagni il suo ragionamento. La successiva fase di riflessione, legata alla manipolazione precedente, è stata pensata per favorire sia attività di spiegazione, qualora, lo studente veda l'interlocutore digitale (l'"altro scienziato" in Programma Discovery) come un suo pari o meno esperto, e sia attività argomentative, qualora lo studente veda l'interlocutore digitale come più esperto.

Nella risposta individuale (task 3), lo studente risponde sul forum ad una domanda aperta, senza comunicare con i propri compagni. Il task è stato pensato per favorire l'argomentazione essendo l'obiettivo dello studente non quello di far comprendere ai propri compagni le sue motivazioni ma quello di rispondere ad una richiesta che gli proviene da altri scienziati, quindi da una fonte autorevole.

Il task successivo di discussione sul forum (task 4), che prevede il confronto dello studente con i propri compagni per concordare una risposta comune, è stato disegnato con lo scopo di promuovere l'argomentazione, dal momento che il raggiungimento dell'obiettivo di una risposta comune a partire dalle singole risposte

di ciascuno presuppone l'avvio di un dibattito che vede gli studenti impegnati a proporre e difendere le proprie tesi o a confutare quelle di altri. In quest'ottica il task può favorire la produzione di argomentazioni. D'altra parte, durante la discussione, è possibile che qualche studente chieda maggiori chiarimenti per capire la risposta proposta da qualcun altro e quindi il task può favorire anche attività di spiegazione. Se la spiegazione fornita dallo studente al gruppo, in questa fase, è accettata e condivisa, vuol dire che la spiegazione è divenuta una prova all'interno del gruppo (Balacheff, 1998).

La risposta concordata viene poi consegnata attraverso un Compito di Moodle (task 5): la consegna deve essere fatta da ciascuno individualmente ma va a buon fine solo quando è la stessa per tutti. Questa modalità lascia ancora spazio a ciascuno dei membri del gruppo di modificare la consegna ma, se ciò accade, la modifica viene riproposta a tutti per l'approvazione. In tal modo, il dibattito precedente all'interno del gruppo può prolungarsi, spostandosi però solo sul livello argomentativo, dal momento che avviene come modifica di una risposta motivata da far arrivare ad altri scienziati. In questo senso, il task può favorire attività argomentative.

A seguire, lo studente si trova di fronte ad una Domanda Semiaperta Interattiva (task 6), che prevede la manipolazione da parte dello studente di blocchi-parole disponibili, per riformulare la risposta alla domanda aperta, somministrata in precedenza in maniera individuale e di gruppo, strutturata come affermazione e motivazione. Questo task, come già precisato, è una componente puramente argomentativa dello script ed è stato così disegnato per favorire la produzione di argomentazioni, in un registro quanto più vicino a quello della comunità scientifico-matematica.

Una volta costruita la risposta con i blocchi-parole, lo studente la deve riportare sul forum, corredandola di opportuna spiegazione del proprio ragionamento (task 7). Se lo studente avrà risposto correttamente alla Domanda Semiaperta Interattiva, verrà nominato dalla piattaforma Campione e avrà il compito di aiutare i compagni in difficoltà. È probabile che il Campione si assuma la responsabilità di far comprendere meglio ai compagni il corretto ragionamento e in quest'ottica, il task è implementato per favorire attività di spiegazione. D'altro canto, è anche disegnato per favorire la produzione di argomentazioni, poiché allo studente che non ha

risposto correttamente alla DSI viene chiesto di argomentare e di riportare il proprio ragionamento e non di spiegare come ha proceduto ad un proprio compagno.

A questo punto viene attivato il Forum generale (task 8), condiviso da tutti gli studenti oltre ciascun gruppo, dove ciascuno può chiedere aiuto e chiarimenti, ma il compito di aiutare gli altri viene assegnato ai Campioni di ciascun gruppo ed, eventualmente, ad un Tutor. Il Forum generale è stato pensato per favorire la produzione di spiegazioni poiché i Campioni (e il Tutor), hanno il compito di rispondere alle richieste di aiuto e far comprendere agli altri eventuali errori.

Successivamente il gruppo deve redigere il Diario di Bordo (task 9), dove vengono annotate le informazioni ritenute utili per il prosieguo della missione. Sebbene sia un'attività prevalentemente cognitiva, la redazione del Diario viene supportata dalla comunicazione in chat, per favorire l'avvio di discussioni all'interno del gruppo e per dare l'opportunità a ciascun studente di chiedere e fornire chiarimenti sull'intera attività. Va quindi nella direzione della produzione di spiegazioni.

Lo script termina con la redazione del Diario personale (task 10) da parte di ciascun studente, che lavora da solo, senza comunicare con i compagni. Lo studente scrive le proprie impressioni sull'attività, le difficoltà che ha incontrato e il modo in cui le ha eventualmente superate. È un task di tipo metacognitivo, disegnato per favorire un discorso intrapersonale di spiegazioni e/o argomentazioni.

5.4.2 Il Capitolo 2

La metodologia alla base della progettazione dello script Capitolo 2 è molto simile a quella utilizzata per il Capitolo 1 e si basa, anch'essa, su un approccio misto, che mette insieme un approccio esperienziale, in cui lo studente può manipolare oggetti interattivi per formulare e verificare ipotesi, e un approccio discorsivo all'apprendimento della matematica, promuovendo il dibattito interno dello studente e le discussioni tra pari, al fine di mediare una competenza argomentativa. Questo script nasce con un duplice obiettivo. Da una parte, vuole promuovere l'interiorizzazione dello script precedente e, a tal fine, riproduce quasi interamente il Capitolo 1, essendo l'interiorizzazione dello script esterno favorita solo attraverso la pratica (Vygotsky, 1980; King, 2007). D'altra parte, vuole verificare fino a che punto l'interiorizzazione ci sia e quanto la DSI (Domanda Semiaperta Interattiva) abbia influito e, per questo motivo, mancano sia il task 6 (Domanda Semiaperta

Interattiva) che il task 7 (risposta sul forum e discussione) dello script Capitolo 1. Il task 8 (Forum generale) è ancora presente, ma con delle opportune modifiche, che vedremo nel dettaglio più avanti.

La Figura 46 mostra il disegno dello script Capitolo 2.

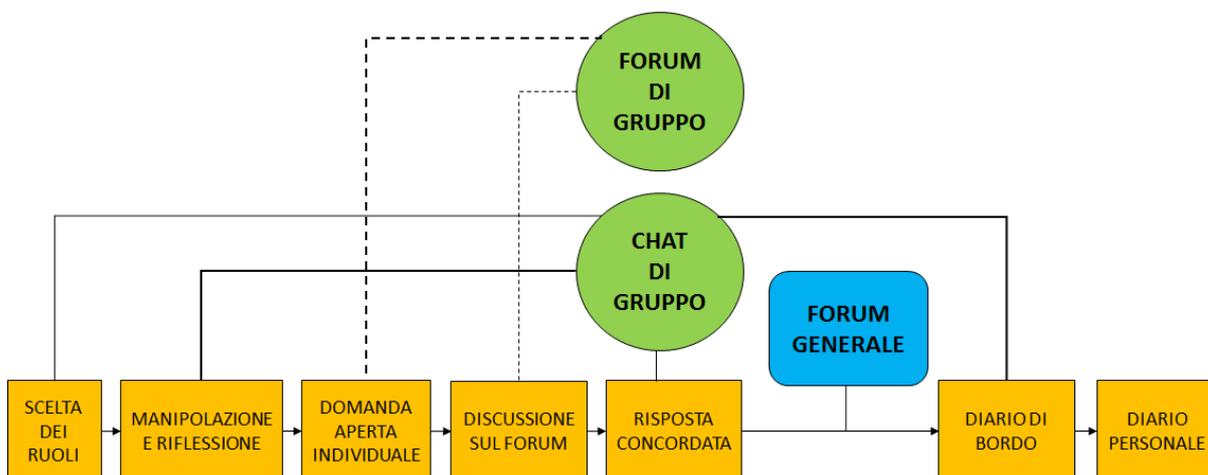


Figura 46: Il disegno dello script Capitolo 2

La Figura 47 evidenzia il contributo in ciascun task della chat e del forum di gruppo.

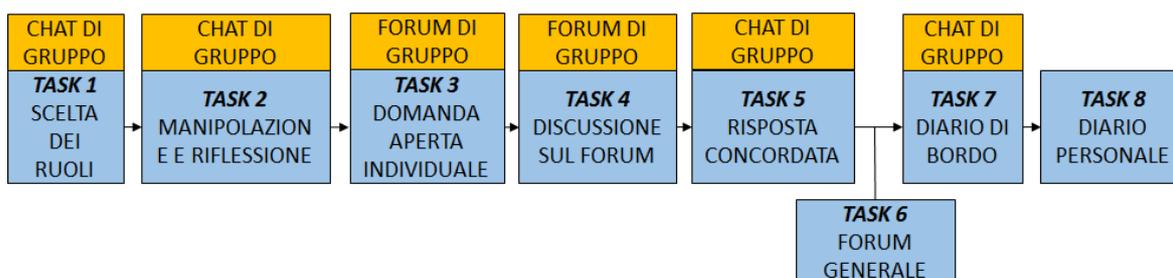


Figura 47: Lo script Capitolo 2 con evidenza del contributo di chat/forum

Andiamo di seguito a descrivere nel dettaglio i vari task.

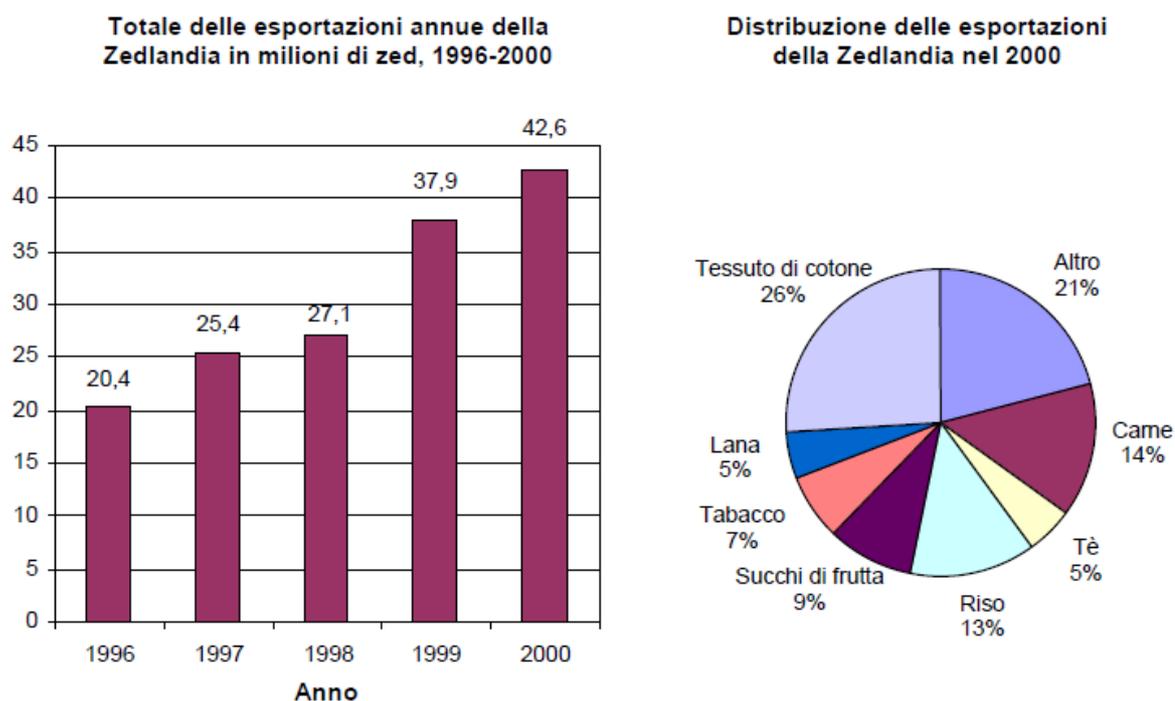
5.4.2.1 Task 1: Scelta dei ruoli

Analogamente al task 1 del Capitolo 1, questo task prevede che ciascun membro del gruppo scelga un ruolo da assumere, negoziandolo con i compagni. Anche questo task, quindi, favorendo l'interazione e la negoziazione all'interno del gruppo, è disegnata come componente sociale.

I ruoli sono gli stessi previsti per lo script precedente, da concordare nella Chat di Gruppo.

5.4.2.2 Task 2: Manipolazione e riflessione

Il task 2, così come nel Capitolo 1, prevede l'interazione con una DGI (Domanda Grafica Interattiva). Nel caso specifico la DGI è stata realizzata ispirandosi ad un quesito OCSE-PISA, "Esportazioni", rilasciato nel Compendio prove PISA insegnanti del 2008 (Figura 48).



I seguenti grafici forniscono alcune informazioni sulle esportazioni della Zedlandia, un Paese in cui si usa lo zed come moneta corrente.

Quale è stato l'ammontare delle esportazioni di succhi di frutta della Zedlandia nel 2000?

Figura 48: Quesito Esportazioni - OCSE-PISA

In questo quesito vengono presentati due grafici, un ortogramma e un areogramma. L'ortogramma presenta i dati relativi alle esportazioni annue della Zedlandia in milioni di zed, in riferimento al periodo che va dal 1996 al 2000. Sull'asse orizzontale ci sono gli anni di riferimento (1996, 1997, 1998, 1999 e 2000) e sull'asse verticale ci sono i valori riferiti al totale delle esportazioni, da 0 a 45 milioni di zed (il fatto che si tratti di milioni di zed è un'informazione che deve essere ricavata dal titolo del grafico). Il valore delle esportazioni, riferito a ciascun anno, può essere dedotto leggendo l'asse verticale in riferimento a ciascun anno o, più semplicemente e con maggiore precisione, leggendo il valore sopra ciascuna barra.

L'areogramma presenta la distribuzione delle esportazioni della Zedlandia nell'anno 2000 (questa informazione deve essere ricavata dal titolo del grafico) ed è costituito da 8 settori circolari che si riferiscono ai prodotti esportati dal Paese in quell'anno (carne, tè, riso, succhi di frutta, tabacco, lana, tessuto di cotone, altro). I due grafici hanno in comune l'anno 2000, nel senso che dal primo grafico si può evincere, tra le altre cose, il totale delle esportazioni nel 2000 (42.6 milioni di zed) e nel secondo grafico si evince come le esportazioni sono distribuite nell'anno 2000.

Per rispondere al quesito, lo studente dovrà leggere informazioni da entrambi i grafici. In particolare, dovrà leggere dal primo grafico solo l'informazione relativa al totale delle esportazioni della Zedlandia nell'anno 2000, ossia 42,6 milioni di zed. Le altre informazioni del grafico (i dati relativi ad anni diversi dal 2000) sono dei distrattori. Una volta acquisita questa informazione, lo studente dovrà leggere dal secondo grafico la percentuale relativa all'esportazione di succhi di frutta nel 2000, ossia il 9% e, infine, calcolare il 9% di 42,6 milioni di zed ottenendo come soluzione 3,8 milioni di zed, che rappresenta la risposta corretta.

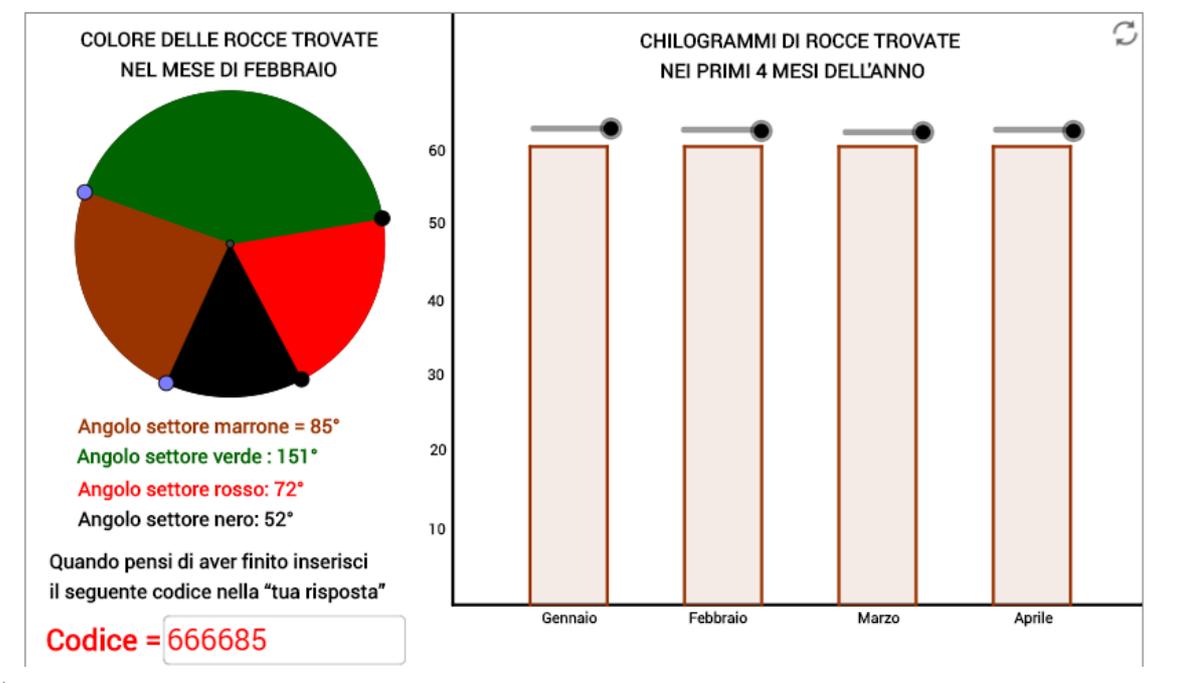
Il quesito richiede allo studente un'analisi accurata dello stimolo e, in particolare, un'analisi di tutte le etichette dei grafici, per comprendere quali informazioni leggere ed acquisire per giungere alla risoluzione del quesito. Il processo risolutivo è complesso, poiché presuppone un susseguirsi di fasi di lettura di dati dai grafici, analisi dei dati ed elaborazione di una possibile strategia risolutiva. Solo quando lo studente avrà elaborato la propria strategia, saprà con certezza quali dati leggere e quali dati sono superflui, e come elaborarli.

A partire dall'analisi del quesito Esportazioni abbiamo pensato di realizzarne uno simile, ma interattivo, realizzato con GeoGebra e disegnato in modo da prevedere

più risposte esatte, semi-esatte (parzialmente corrette) e sbagliate, così come fatto per la DGI del Capitolo 1. Il quesito che abbiamo realizzato è presentato nella seguente Figura 49.



Muovi i punti blu sull'areogramma e gli sliders sull'ortogramma. Per riavviare clicca in alto a destra



Puoi copiare il codice in rosso utilizzando CTRL+C e puoi incollarlo nella "tua risposta" utilizzando CTRL+V

La tua risposta

Figura 49: Task 2 Capitolo 2 di Programma Discovery

Lo studente si trova di fronte a due grafici, un ortogramma e un areogramma. L'ortogramma rappresenta la quantità (in chilogrammi) di roccia trovata sul nuovo pianeta nei primi quattro mesi dell'anno, mentre l'areogramma le percentuali di roccia (rossa, nera, verde e marrone) trovata sul nuovo pianeta nel solo mese di febbraio. Lo studente può manipolare gli slider sopra ciascuna barra dell'ortogramma, per cambiare l'altezza di ciascuna barra, e i punti blu sull'areogramma, per cambiare l'ampiezza dell'angolo del settore circolare marrone, riferito alla quantità di roccia marrone. L'areogramma non mostra esplicitamente le percentuali di roccia trovata, ma l'ampiezza degli angoli di ciascun settore. Lo studente dovrebbe essere in possesso dei prerequisiti per poter affrontare l'attività avendo già affrontato quesiti sulla relazione percentuale-ampiezza dell'angolo, sia nei Tutorial e sia nella DGI del Capitolo 1. La DGI del Capitolo 2, dunque, è pensata in continuità alle attività precedenti, nell'ottica della storia e del modello C&D (Zan, 2011; Zan, 2012). Lo studente può comunicare con i propri compagni attraverso la chat. Per rispondere alla DGI, deve innanzitutto manipolare sull'ortogramma lo slider relativo al mese di febbraio, in modo da fissare la quantità (in chilogrammi) di

roccia trovata in tale mese. Deve, a questo punto, manipolare i punti blu sull'areogramma per modificare l'ampiezza dell'angolo marrone affinché questa ampiezza possa riprodurre la percentuale che, applicata al totale di roccia sull'ortogramma, possa rappresentare 16 Kg di roccia marrone trovata nel mese di febbraio. Per come è stata pensata, la DGI prevede più risposte esatte, più risposte semi-esatte (parzialmente corrette) e più risposte errate. Le risposte esatte possono essere ottenute nei seguenti modi:

- lo studente fissa a 60 Kg la quantità di roccia trovata nel mese di febbraio e sceglie come ampiezza dell'angolo marrone 96° ($96^\circ : 360^\circ = 16 \text{ Kg} : 60 \text{ Kg}$);
- lo studente fissa a 50 Kg la quantità di roccia trovata nel mese di febbraio e sceglie come ampiezza dell'angolo marrone 115° , che approssima $115,2^\circ$ ($115,2^\circ : 360^\circ = 16 \text{ Kg} : 50 \text{ Kg}$);
- lo studente fissa a 40 Kg la quantità di roccia trovata nel mese di febbraio e sceglie come ampiezza dell'angolo marrone 144° ($144^\circ : 360^\circ = 16 \text{ Kg} : 40 \text{ Kg}$);
- lo studente fissa a 30 Kg la quantità di roccia trovata nel mese di febbraio e sceglie come ampiezza dell'angolo marrone 192° ($192^\circ : 360^\circ = 16 \text{ Kg} : 30 \text{ Kg}$);
- lo studente fissa a 20 Kg la quantità di roccia trovata nel mese di febbraio e sceglie come ampiezza dell'angolo marrone 288° ($288^\circ : 360^\circ = 16 \text{ Kg} : 20 \text{ Kg}$).

Se lo studente risponde con una delle configurazioni appena descritte, ma muove anche gli slider delle colonne dell'ortogramma relative a mesi diversi da febbraio, la risposta è considerata semi-esatta. In tal caso, in realtà, la risposta non è errata, ma viene comunque classificata come semi-esatta poiché il fatto che lo studente muova slider non direttamente coinvolti nel quesito è comunque motivo di indagine, nel senso che verrà somministrata, come descritto in seguito, un'opportuna domanda di riflessione per capire le ragioni della sua scelta. Qualsiasi configurazione diversa da quelle appena descritte per le risposte esatte è considerata risposta errata. L'applicazione genera un codice che cambia dinamicamente in funzione della manipolazione da parte dello studente degli slider su ciascuna barra dell'ortogramma e dell'ampiezza dell'angolo del settore marrone. Il codice deve essere inserito nell'apposita text-box della domanda a testo libero della Lesson di Moodle. In funzione della risposta fornita, lo script somministra una diversa domanda aperta volta a favorire la riflessione da parte dello studente. Così come previsto per il Capitolo 1, in caso di risposta esatta, lo scopo della domanda aperta è quello di focalizzare l'attenzione dello studente rispettivamente sulla

possibile presenza di altre risposte corrette e sulle ragioni delle scelte fatte. In caso di risposta semi-esatta o errata, l'obiettivo è di fare in modo che lo studente rifletta sulle motivazioni che hanno determinato la sua risposta.

A partire dal codice dinamico, siamo in grado di risalire in maniera univoca alla configurazione finale dello studente e, quindi, analogamente a quanto fatto per il Capitolo 1, è possibile personalizzare in maniera molto fine i percorsi successivi. Se, ad esempio, lo studente risponde in maniera esatta fissando a 60 Kg la quantità di roccia trovata nel mese di febbraio e scegliendo come ampiezza dell'angolo marrone 96° , la domanda aperta di riflessione, nell'ottica della storia, sarà la seguente (Figura 50):

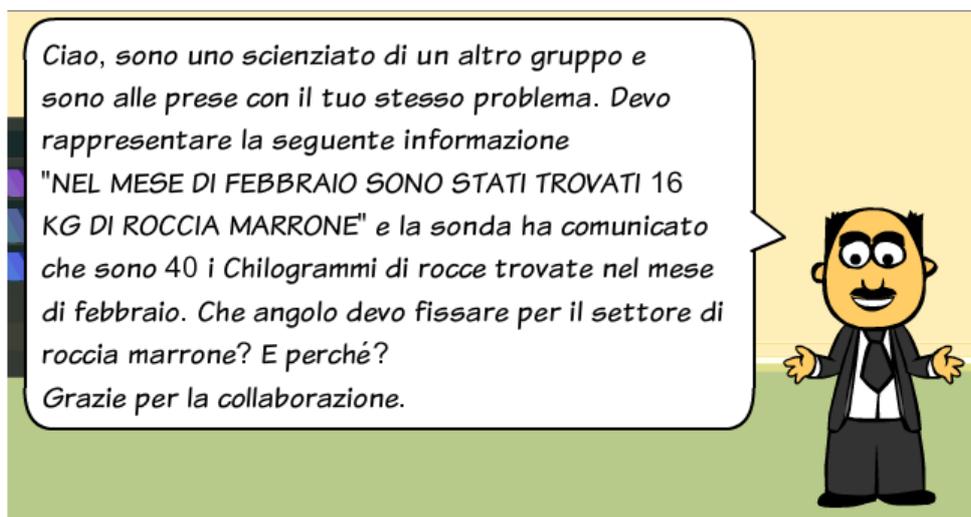


Figura 50: Possibile domanda di riflessione in caso di risposta esatta

Analogamente, se lo studente risponde in maniera esatta fissando, ad esempio, a 40 Kg la quantità di roccia trovata nel mese di febbraio e scegliendo come ampiezza dell'angolo marrone 144° , la domanda aperta di riflessione, nell'ottica della storia, sarà la seguente (Figura 51):

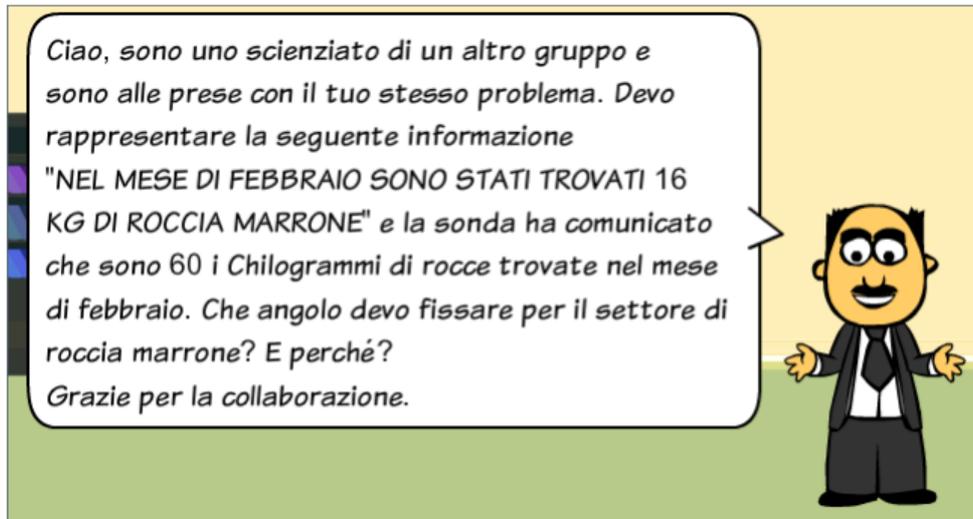


Figura 51: Possibile domanda di riflessione in caso di risposta esatta

In caso di risposta semi-esatta, lo scopo della domanda aperta è anche quello di indagare sul perché lo studente abbia mosso anche slider non coinvolti nella risposta. Pertanto, se lo studente, ad esempio risponde fissando a 30 Kg la quantità di roccia trovata nel mese di febbraio e sceglie come ampiezza dell'angolo marrone 192° , la domanda aperta di riflessione, nell'ottica della storia, sarà la seguente (Figura 52):

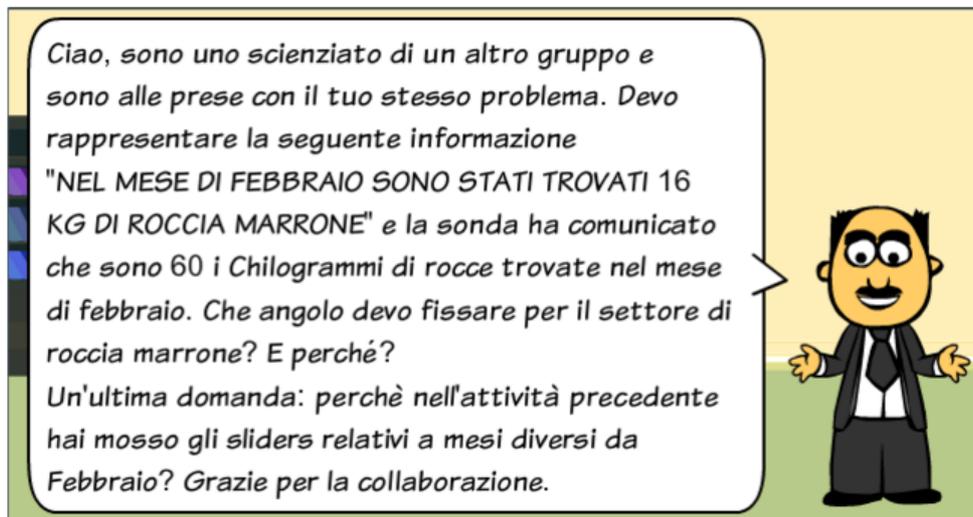


Figura 52: Possibile domanda di riflessione in caso di risposta semi-esatta

In analogia al Capitolo 1, la DGI è una componente sia epistemica che sociale dello script, mentre la successiva domanda aperta di riflessione è una componente argomentativa ed epistemica.

5.4.2.3 Task 3: Domanda Aperta Individuale

In questo task, lo studente è chiamato a rispondere a una domanda aperta che mira a generalizzare l'esperienza e i risultati a cui è giunto finora. È già un primo step di verifica dell'interiorizzazione dello script Capitolo 1. Più precisamente, attraverso il percorso definito dallo script Capitolo 1, lo studente è accompagnato verso la costruzione di argomentazioni in un registro colto. Il linguaggio e il registro usato dallo studente per formulare la risposta a questo task, confrontata con le risposte fornite nello script Capitolo 1, potrà dare indicazioni sull'eventuale interiorizzazione da parte dello studente dello script.

La risposta dev'essere postata sul Forum di gruppo Domande e Risposte di Moodle, che impedisce l'accesso ai post fino a quando lo studente non ha aggiunto il proprio. Questo task, analogamente a quanto detto nel Capitolo 1, è contemporaneamente una componente argomentativa ed epistemica poiché, da un lato favorisce la produzione di argomentazioni individuali e, dall'altro, avvia processi metacognitivi che implicitamente potrebbero portare lo studente verso una strategia risolutiva.

Nello specifico caso di studio, il professor Garcia chiede di lasciare appunti su come è stato affrontato e risolto il compito, come aiuto ad altri scienziati che si troveranno ad affrontare il medesimo problema. In particolare chiede a ciascuno di rispondere sul forum Domande e Risposte, nel thread "Lasciamo appunti - Capitolo 2", alla seguente domanda (Figura 53):

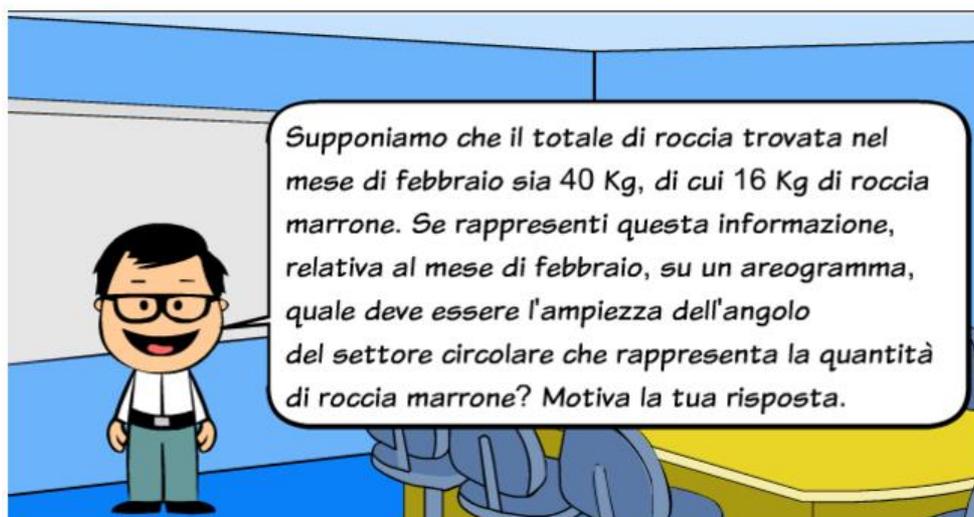


Figura 53: La domanda aperta individuale in Programma Discovery

5.4.2.4 Task 4: Discussione sul forum

Quando tutti gli studenti hanno inviato la risposta al Forum, la discussione continua nello stesso Forum Domande e Risposte, con l'obiettivo di concordarne una comune. L'utilizzo del medesimo forum, come nell'analogo task del Capitolo 1, da un lato favorisce il completamento della fase precedente visto che, se lo studente non posta, non può partecipare alla discussione successiva poiché non vede le risposte dei compagni; dall'altro, a differenza della Chat, spinge lo studente ad utilizzare un registro più colto.

Si tratta, anche in questo Capitolo, di

- una componente di script sociale, poiché media l'interazione all'interno del gruppo e la discussione;
- di una componente di script argomentativo, essendo la discussione di gruppo pensata per favorire attività argomentative;
- di una componente di script epistemico, visto che la discussione può innescare processi risolutivi negli studenti.

Nel caso specifico di studio, sempre nell'ottica della storia, il Prof. Garcia, chiede all'equipe di formulare, su richiesta di altri scienziati, una risposta comune al precedente quesito somministrato individuale, sul e di rispondere sul forum "Lasciamo appunti - Capitolo 2", utilizzato nel task precedente (Figura 5454).



Figura 54: Discussione sul forum in Programma Discovery

In questo task sono coinvolti attivamente il Capitano, il quale controlla che ciascuno intervenga e l'Informatico, che aiuta i compagni col forum.

5.4.2.5 Task 5: Risposta concordata

La risposta motivata concordata dal gruppo nel Forum, così come avviene nel Capitolo 1, viene poi consegnata in un Compito di Moodle, attraverso la consegna di gruppo in modo tale che ciascuno abbia la possibilità di modificare la consegna, ma allo stesso tempo la consegna sarà effettiva solo quando tutti daranno il proprio assenso.

Questo task riproduce l'analogo del Capitolo 1, e quindi valgono le stesse considerazioni già fatte sul tipo di componente sociale, argomentativa ed epistemica che realizza e lo stesso vale per i ruoli giocati dai membri del gruppo (cfr. paragrafo 5.4.1).

5.4.2.6 Task 6: Forum generale

Lo script continua con il Forum generale, condiviso tra tutti gli utenti, dove ciascuno può chiedere aiuto e porre domande. Questo Forum, in realtà, attivato nel task 8 nel Capitolo 1, è sempre disponibile ed è esterno alla Lesson di Moodle per favorire discussioni anche in momenti successivi alla fruizione della storia. A differenza del Capitolo 1, dove i Campioni venivano fuori dalla DSI (task 2 dello script Capitolo 1) e, insieme al Tutor, avevano in questo Forum il compito di supportare i compagni che non erano riusciti nell'attività, in questo Capitolo i Campioni sono coloro che hanno risposto correttamente alla DGI. Saranno dunque loro ad aiutare i compagni in difficoltà, sul Forum generale, affiancati sempre dal Tutor (docente o esperto). La presenza del Tutor, anche in questo caso, risulta fondamentale per la conclusione del task, per sopperire nei casi in cui non vi fossero Campioni.

5.4.2.7 Task 7: Diario di bordo

Gli studenti hanno anche il compito di continuare a redigere il Diario di Bordo di gruppo, attività iniziata nel task 9 del Capitolo 1, inserendo le informazioni ritenute utili per la missione: appunti, immagini, link e altro. Come già descritto, si tratta di

un task di gruppo e risulta, quindi, essere, una componente sociale di script, in cui ognuno collabora con un compito specifico relativo al ruolo giocato, così nell'analogo task del Capitolo 1 (cfr. paragrafo 5.4.1.9).

5.4.2.8 Task 8: Diario personale

Così come nel Capitolo 1, lo script si conclude con la redazione del Diario personale, dove lo studente scrive le sue impressioni sull'attività, le difficoltà incontrate e il modo in cui le ha superate. Essendo un task individuale pensato per favorire processi metacognitivi, si tratta di una componente epistemica.

5.5 I processi di mediazione semiotica

Il DIST-M si avvale di vari strumenti che intendono supportare il processo di mediazione per giungere alla elaborazione di argomentazioni matematiche. Gli strumenti già sono stati descritti. Nel seguito riproponiamo una breve descrizione, soffermandoci sul processo di mediazione che essi supportano ed evidenziando gli aspetti che possono essere coinvolti in tale processo (Albano, Dello Iacono, Mariotti, 2016).

- *La Chat.* Nei vari Frame è previsto l'utilizzo di due tipologie di chat:
 - *Chat Generale:* coinvolge tutti gli studenti, anche al di fuori degli ambienti di lavoro di gruppo, ed è utilizzata nel Frame di Introduzione;
 - *Chat di Gruppo:* coinvolge gli studenti appartenenti allo stesso gruppo ed è utilizzata nel Frame di livello.

La sincronicità della chat favorisce il confronto esplicito e media un modo di agire comune (cioè fornire una risposta, un argomento a supporto della correttezza, una contro-risposta) che da attività sociale tende ad essere interiorizzata ed a divenire un modo di lavorare di ciascuno;

- *Il Forum.* Nei Frame Livello è previsto l'utilizzo di due tipologie di forum,
 - *Forum di Gruppo:* coinvolge solo gli studenti appartenenti allo stesso gruppo ed è utilizzato negli script collaborativi per riportare le risposte alle domande di tipo aperto e per affrontare le discussioni all'interno del gruppo. È implementato come Forum Domande e Risposte di Moodle, che consente

allo studente di visualizzare gli interventi dei propri compagni solo dopo aver scritto il proprio;

- *Forum Generale*: coinvolge tutti gli studenti, oltre i gruppi ed è utilizzato negli script collaborativi come ambiente per chiedere aiuto e per fornire chiarimenti. È implementato come Forum Standard di Moodle.

Il forum di gruppo supporta la condivisione e il confronto e media, in tal modo, l'interazione e implicitamente il confronto con gli altri, poiché spinge ciascuno a dare il proprio contributo e ad ascoltare quello degli altri. Nel forum ogni studente descrive la propria soluzione, legge ed interpreta le soluzioni degli altri e le confronta con la propria. Ciò richiede importanti processi semiotici, necessari per favorire lo sviluppo dei significati matematici e per promuovere esperienze di argomentazione sociale che, una volta interiorizzati, possono divenire processi interni in ciascuno;

- *Il prof. Garcia, ovvero la voce della piattaforma*. È il “lato umano” del DIST-M, che gestisce il percorso all'interno dei vari script e task, in maniera trasparente allo studente. Supporta il coinvolgimento dello studente e media l'attivazione delle competenze individuali. Richiedendo agli studenti “bravi” di aiutare gli studenti in difficoltà, si pone come mediatore tra loro, spingendo i primi verso attività esplicative e gli ultimi a cercare supporto a chi è riuscito nel task. Media, infine, competenze metacognitive, chiedendo a ciascuno di riflettere su azioni, errori e strategie risolutive, nel Diario personale;
- *Il Capitano*. È uno degli studenti del gruppo e media la *social literacy*, che è la capacità di gestire il gruppo da un punto di vista sociale. Il suo ruolo è quello di favorire le interazioni all'interno del gruppo e spingere i compagni verso una partecipazione attiva, gestendo le discussioni in chat e nel forum. Media, dunque, l'apprendimento socializzato e la collaborazione all'interno del gruppo di lavoro;
- *L'Ufficiale Scientifico, ovvero il Matematico*. È uno degli studenti del gruppo e media la *math literacy*, vale a dire la capacità di risolvere i quesiti matematici. Il suo ruolo non è quello di risolvere i quesiti matematici per tutti, ma ha il compito di raccogliere e sintetizzare le risposte di ciascuno. Media, quindi, la sintesi delle risposte matematiche tra i vari studenti;
- *L'Ufficiale delle Comunicazioni, ovvero il Blogger*. È uno degli studenti del gruppo e media la *blog literacy*, ossia la capacità di sintetizzare i discorsi dei

compagni e formalizzarli attraverso social media. Il suo ruolo è quello di responsabile editoriale del gruppo. Deve redigere il Diario di bordo del gruppo e la risposta concordata. Essendo il portavoce del gruppo, media la sintesi degli argomenti che ciascun membro ha dato;

- *L'Ufficiale di Rotta, ovvero l'Informatico.* È uno degli studenti del gruppo e media la *digital literacy*, vale a dire la capacità di utilizzare in modo efficace strumenti ICT. Il suo ruolo è quello di supportare i compagni nell'utilizzo di tali strumenti e, quindi, si pone come mediatore tra gli studenti e gli strumenti della piattaforma;
- *I Campioni.* Sono gli studenti che hanno avuto successo nello script e vengono sollecitati dal Prof. Garcia ad aiutare i compagni che non sono riusciti. Assumono il ruolo di esperto in un'ottica vygotkiana e vanno, quindi, a mediare l'apprendimento socializzato nella zona di sviluppo prossimale;
- *Il Tutor.* È il vero esperto, esterno all'attività, e interviene solo nel forum generale, qualora nessun Campione sia in grado di supportare un compagno in difficoltà. Come il Campione, media l'apprendimento socializzato nella zona di sviluppo prossimale;
- *I Tutorial.* Sono inseriti nel Frame di Introduzione e prevedono l'interazione dello studente con un oggetto grafico per ottenere la risposta ad una determinata domanda. Compito dei tutorial è quello di fornire allo studente i prerequisiti per meglio affrontare le attività successive. Fanno, quindi, da mediatori tra il sapere in gioco (competenza da acquisire) e le conoscenze pre-requisito per il successo dell'attività;
- *La Domanda Grafica Interattiva (DGI).* È inserita nei Frame Livello e, in maniera simile ad un Tutorial, prevede l'interazione dello studente con un oggetto grafico per ottenere la risposta ad una determinata domanda. Spinge lo studente ad indagare e a congetturare e, quindi, fa da mediatore tra l'esperienza e il pensiero;
- *La Domanda di riflessione.* È inserita nei Frame Livello ed è strettamente legata alla risposta che lo studente fornisce alla DGI. È pensata per implementare il metodo vygotkiano della doppia stimolazione e, quindi, media l'apprendimento nella zona di sviluppo prossimale dello studente;
- *La Risposta Concordata.* È inserita nei Frame di livello e prevede la consegna dello stesso Compito Moodle, condiviso all'interno del gruppo, come risposta ad

una domanda aperta di gruppo. Media il confronto all'interno del gruppo e la condivisione.

- *La Domanda Semiaperta Interattiva (DSI)*. Permette di costruire frasi assemblando blocchi-parole e viene utilizzata per far costruire allo studente una risposta motivata all'interno di uno schema precostituito. Media, quindi, la capacità di esprimere in un registro colto (Ferrari, 2004) un'argomentazione, prima espressa in un registro colloquiale;
- *Lo Storytelling*. La storia fa da sfondo e coinvolge lo studente nelle varie attività. Media l'integrazione tra pensiero logico e del pensiero narrativo (Bruner, 1986).

6 La Sperimentazione

6.1 Strumenti di analisi

Lo scopo del nostro DIST-M è di favorire la costruzione di argomentazioni e, quindi, ci interessa come lo studente sia in grado di proporre argomentazioni verbali per supportare la soluzione di un problema, oltre alla correttezza della soluzione. Sebbene alcuni modelli teorici di analisi delle argomentazioni non fanno riferimento al linguaggio (come ad esempio il modello di Toulmin, già descritto nel Capitolo 1), un argomento scritto è, innanzitutto, un testo scritto, e per lo studente, il compito di produrre un testo corretto e una spiegazione accettabile sono strettamente intrecciati. Questo è il motivo per cui, per analizzare i dati, abbiamo scelto di utilizzare un approccio linguistico con strumenti specifici correlati, quali la coesione testuale, la quale consente di creare la trama di un testo, rendendolo tale piuttosto che un insieme disorganizzato di parole e frasi (Halliday & Hasan, 1976). La coesione è diversa dalla coerenza, anche se sono molto legate tra loro. La coerenza di un testo identifica il legame che c'è tra le frasi e, quindi, un testo risulta coerente se c'è continuità di senso tra gli enunciati che lo compongono. La continuità di senso, però, dipende da chi scrive e da chi interpreta il testo, a partire dalle proprie conoscenze enciclopediche. La coerenza, dunque, è strettamente legata agli interlocutori piuttosto che alla lingua in sé. Non è, pertanto, una caratteristica del testo quanto il risultato di un processo cognitivo da interlocutori coinvolti. La coesione, invece, riguarda il modo in cui gli enunciati sono legati tra loro da un punto di vista sintattico e grammaticale. Si tratta, quindi, di legami e connessioni che fanno percepire un testo come un'unica entità e non come un insieme di diversi enunciati. La coesione, pertanto, si riferisce agli strumenti linguistici necessari per realizzare la coerenza, che è invece un processo mentale, proprio dei soggetti coinvolti nel discorso. La prima aiuta a mettere in evidenza la seconda, ma un testo può essere percepito come coerente senza marcatori di coesione (Thompson, 1996).

Tra le risorse per creare la coesione possiamo individuare ripetizioni lessicali, ripetizioni grammaticali e congiunzioni.

La *ripetizione lessicale* consiste nella ripetizione di parole. È una forma di coesione molto potente e viene utilizzata spesso per sottolineare o rafforzare un concetto,

oppure per chiarirlo. È frequente nel discorso spontaneo poiché si ha poco tempo per pianificare l'enunciato. Thompson, nel suo libro del 1996, per spiegare meglio il concetto di ripetizione lessicale, considera il seguente testo (tutti gli esempi in seguito sono tratti dal medesimo libro):

(01) Oggi gli scienziati sanno che i cromosomi giocano un ruolo essenziale nell'eredità. I cromosomi controllano tutti i tratti di un organismo. Come realizzano questo compito complicato? La principale funzione dei cromosomi è il controllo della produzione di sostanze dette proteine. Tutti gli organismi sono costituiti in primis da proteine. Le proteine determinano la dimensione, la forma e le altre caratteristiche fisiche di un organismo. In altre parole, le proteine determinano i tratti di un organismo. Il tipo e il numero di proteine in un organismo determina i tratti di quell'organismo. Così controllando il tipo e il numero di proteine prodotte in un organismo i cromosomi sono in grado di determinare i tratti di quell'organismo.

Nel testo (01), i termini “cromosomi”, “proteine”, “organismo” servono a far capire che le frasi parlano delle stesse cose. Si tratta, dunque, di ripetizioni lessicali.

La *ripetizione grammaticale* può essere di due tipi, riferimento ed ellissi. Il *riferimento*, serve per segnalare che un termine si ripete da qualche parte in precedenza nel testo (vale a dire che già è stato detto) o che non è ancora apparso nel testo (vale a dire che è nuovo). Consideriamo le seguenti frasi:

(02) I ragazzi cercarono il loro gatto nella camera da letto. Ve lo trovarono rannicchiato in un angolo.

(03) I ragazzi cercarono il loro gatto nella camera da letto. Lo trovarono invece in cucina.

(04) I ragazzi cercarono il loro gatto nella camera da letto. Vi trovarono il cane.

(05) I ragazzi cercarono il loro gatto nella camera da letto. Vi trovarono il gatto di Susi.

Le espressioni ‘Ve’, ‘Vi’ e ‘lo’ fanno riferimento a cose già menzionate nel testo. Le parole “cucina”, “cane”, “gatto” sono invece nuove, in quanto non compaiono nella frase precedente. In tutti i casi si tratta di riferimenti.

L'*ellissi* si ha quando la ripetizione di uno o più termini può essere evitata. Può essere di due tipi: propria e sostitutiva.

L'*ellissi propria* si ha quando una parte della frase è semplicemente omessa. Vediamo alcuni esempi (Thompson, 1996):

- (06) *Quanti anni ha Gianni? Settantuno.*
- (07) *Quanti anni ha Gianni? Gianni ha settantuno anni.*
- (08) *Quanti anni ha Gianni? Ne ha settantuno.*
- (09) *Quanti anni ha Gianni? Lui ne ha settantuno.*
- (10) *Quanti anni ha Martina? 11 mesi.*

In (06) si ha ellissi propria perché la frase è omessa, in (07) la frase è completa e non c'è ellissi, in (08) c'è ellissi propria per Gianni e riferimento per gli anni, in (09) c'è riferimento sia per Gianni, sia per gli anni. In (10) si ha ellissi propria per Martina, ma non per gli anni, che diventano mesi.

L'*ellissi sostitutiva* si ha quando un'espressione generica ne sostituisce una più lunga. Gli esempi seguenti mostrano la differenza fra i due tipi di ellissi (Thompson, 1996):

- (11) *Mario va in vacanza questa settimana? No, lo farà la settimana prossima.*
- (12) *Mario va in vacanza questa settimana? No, la settimana prossima.*

In (11) c'è ellissi sostitutiva, mentre in (12) c'è ellissi propria. La differenza tra riferimento ed ellissi sostitutiva sta nel fatto che il riferimento si realizza coi pronomi, mentre l'ellissi con altre parti del discorso. Il riferimento, inoltre, è spesso obbligatorio per evitare incomprensioni o pesantezza stilistica, mentre l'ellissi si può evitare senza problemi.

Ecco un confronto fra riferimento e i due tipi di ellissi:

- (13) *È una macchina molto comoda. Guidarla è riposante.*
- (14) *È una macchina molto comoda. Non ho mai guidato una più riposante.*
- (15) *È una macchina molto comoda. Non ne ho mai guidate più riposanti.*

In (13) c'è un riferimento, che risulta molto utile perché ripetere 'macchina' suona male. In (14) c'è un'ellissi sostitutiva, mentre in (15) c'è un'ellissi propria. (14) e (15) sono un po' forzati in italiano, e (14) potrebbe anche diventare:

(16) *È una macchina molto comoda. Non ne ho mai guidato una più riposante.*

In (16) c'è sia un'ellissi sostitutiva che un riferimento. Anche (15), se fosse al singolare, richiederebbe un 'ne' (o un 'ne ... di ...').

Si parla di *congiunzione* quando due parti qualunque del discorso sono collegate da parole che hanno quella funzione specifica. La congiunzione può essere *esterna*, quando riflette uno stato di fatto, e *interna*, quando è riferita esclusivamente all'organizzazione del testo.

(17) *L'auto prima ha frenato, poi ha cominciato a sbandare.*

(18) *Quest'auto mi piace: primo, perché è silenziosa, secondo, perché costa poco.*

(19) *Angela Merkel ha deciso di mettere in disarmo i 17 reattori nucleari tedeschi. Anche la Svizzera non rimpiazzerà i suoi 5 reattori attualmente in funzione.*

In (17) e in (19) c'è una congiunzione esterna, mentre in (18) c'è una congiunzione interna.

Il prossimo esempio è relativo a un testo orale. Per questo non c'è punteggiatura (nemmeno i punti interrogativi, che ho aggiunto fra parentesi perché in italiano, al contrario dell'originale inglese, non si capisce). Fra parentesi quadre le espressioni che si presume siano intese ma non dette dai parlanti.

(21)

B. *Vedi ancora Leo (?)*

A. *Sì [vedo ancora Leo]*

B. *Come sta (?)*

A. *[Lui sta] abbastanza bene, penso.*

B. *Davvero (?)*

A. Uhm

B. *Vive fuori Londra (?)*

A. *Sì è andato a vivere in è andato a uh Colchester // Si sta preparando per diventare uh non so come si dice tipo lo scalino sopra un insegnante EFL*

B. *Davvero (?)*

A. *Uh tipo direttore di corso penso che sia*

B. *Scrive ancora (?)*

A. *Bene ancora non è proprio la parola giusta // Si è fermato uh*

B. *So che si era fermato anni fa*

A. *Sì*

B. *Ma scrive qualcosa (?)*

A. *[scrive qualcosa] Ancora*

B. *Sì [scrive qualcosa ancora]*

A. *No // [non scrive qualcosa ancora]*

B. *Così non è interessato in questo*

A. *Oh, sì si pensa come uno scrittore*

Va osservato che nel testo inglese compaiono molti 'he' riferiti a Leo, e anche qualche 'it', tutti con funzione di riferimento, mentre in italiano c'è invece ellissi propria.

Si può dire che nei registri evoluti c'è una maggiore frequenza di congiunzioni, anche se la coesione può essere marcata anche in altri modi. L'ellissi domina nel parlato, dove il contesto di situazione o altre risorse (gesti) consentono di inferire i significati impliciti, ma può essere usata anche nei registri evoluti. Alcune congiunzioni sono abbastanza frequenti anche nei registri colloquiali, mentre altre sono assenti. C'è, ovviamente, una forte differenza fra le lingue.

La comunicazione scientifica è una comunicazione coesa, oltre ad essere coerente in un registro colto (Ferrari, 2004). C'è da precisare, però, che la produzione di un argomento accettabile può essere ostacolata dalla mancanza di competenze matematiche o linguistiche. Spesso gli studenti producono spiegazioni scritte che sono le semplici descrizioni delle procedure effettuate, per mezzo di una serie di clausole più o meno sconnesse in cui la coesione è contrassegnata solo dal fatto che il testo prodotto è semanticamente congruente alle azioni eseguite. In altre parole, i loro indicatori di coesione sono extralinguistici, e non possiamo dire se

l'autore è a conoscenza dei legami semantici tra le clausole. Noi crediamo che la costruzione di testi di coesione è il primo passo verso lo sviluppo di argomenti logicamente accettabili.

6.2 Una prima istanza del DIST-M

La prima istanza del DIST-M è consistita nella definizione di un unico Frame, a sua volta costituito da un unico script, coincidente con una versione semplificata dell'attuale script Capitolo 1, rappresentato in Figura 55:

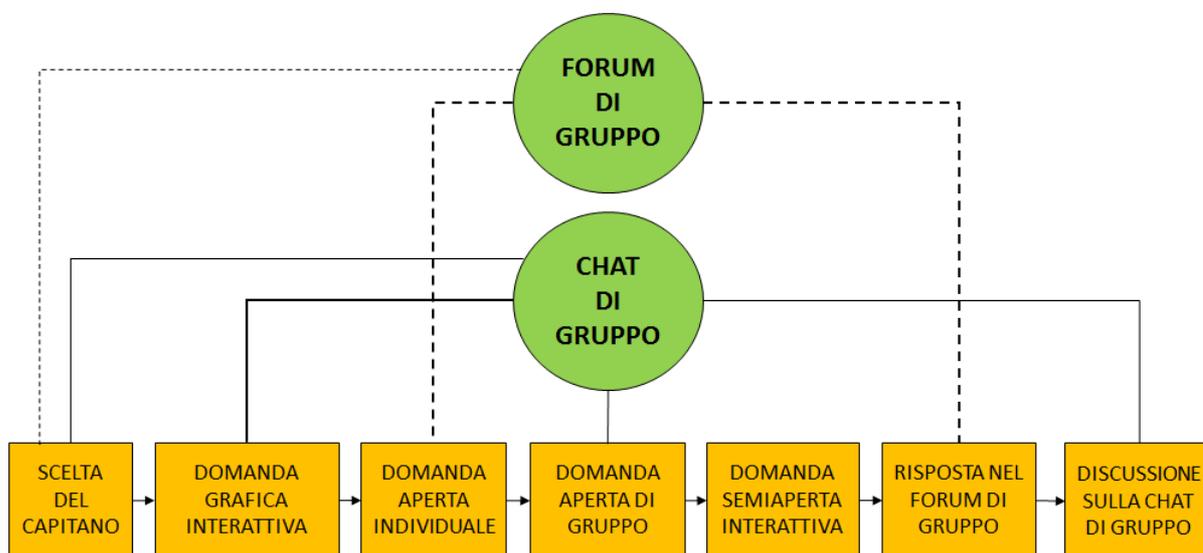


Figura 55: Disegno dello script Capitolo 1 nella prima versione

La storia non era implementata con l'ausilio dei fumetti, ma semplicemente narrata in maniera testuale. Lo script prevedeva un solo ruolo, il Capitano, "responsabile" del gruppo, con il compito di verificare l'avvenuta collaborazione in Chat. Una volta raggiunto l'accordo su chi doveva essere il Capitano, questi doveva "dichiararsi" sul forum scrivendo "Il Capitano sono io". Questo gesto voleva avere il valore simbolico di "assunzione di responsabilità". La collaborazione all'interno del gruppo avveniva solo attraverso la Chat di gruppo, mentre il Forum di gruppo era utilizzato soltanto per postare le risposte individuali o di gruppo. Veniva utilizzato un Forum di tipo

standard, per cui i post di ciascuno erano immediatamente visualizzati a tutti i membri del gruppo. La domanda grafica interattiva (DGI) e la Domanda Semiaperta Interattiva (DSI) erano implementate in maniera analoga agli attuali Tutorial (descritti nel Capitolo precedente), ossia non restituivano un codice che cambiava in maniera dinamica in funzione della manipolazione da parte dello studente, ma, soltanto tre tipologie di codice, uno per una qualsiasi delle risposte esatte, semi-esatte o errate. In questo modo potevano essere implementati soltanto tre percorsi personalizzati successivi, uno per ciascuna delle possibili tipologie di risposte e la piattaforma, in seguito alla risposta fornita dallo studente, forniva un feedback sulla correttezza. La risposta condivisa (task 4) veniva concordata dal gruppo sulla Chat e veniva riportata sempre in Chat dal Capitano. Non era previsto il Forum generale, né il Diario di bordo, né quello personale.

Il prototipo, così disegnato, è stato sperimentato con studenti della scuola secondaria di primo grado (Scuola Media “Solimena-De Lorenzo” di Nocera Inferiore (SA) - Scuola Media di San Marzano sul Sarno (SA)). Gli studenti sono stati suddivisi in gruppi, utilizzando i “Gruppi” di Moodle e i membri di ciascun gruppo hanno avuto la possibilità di comunicare nelle attività di gruppo solo attraverso la chat e il forum, gestiti in modalità “Gruppi separati” (ciascun gruppo ha a disposizione la propria chat e il proprio forum). L’analisi delle interazioni, avvenute in Chat, ha confermato il forte coinvolgimento degli studenti nelle attività del DIST-M, sia sociali che strettamente matematiche, per il ruolo attivo che hanno svolto (Dello Iacono, 2015).

6.3 Uno studio pilota

6.3.1 Metodologia

Nella sua seconda versione, la storia è stata implementata con l’utilizzo di fumetti. Il DIST-M è costituito sia dall’Introduzione che dal Capitolo 1. L’introduzione non è uno script collaborativo, ma semplicemente una presentazione della storia *Programma Discovery*. Lo script Capitolo 1 è stato disegnato in maniera molto simile a quello della prima versione. La differenza sostanziale è stata l’aggiunta del Diario di bordo individuale (simile al Diario personale, descritto nel Capitolo precedente).

Il disegno dello script Capitolo 1, di questa seconda versione, è rappresentato nella seguente Figura 56.

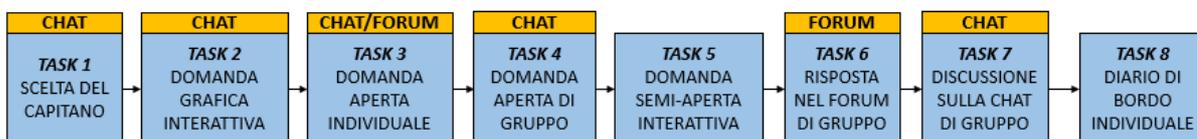


Figura 56: Disegno dello script Capitolo 1 nella versione attuale

Questa versione del DIST-M è stata sperimentata in uno studio pilota che ha coinvolto 23 studenti del secondo anno del liceo scientifico di Pompei, in provincia di Napoli. Gli studenti sono stati suddivisi in sei gruppi, di cui cinque costituiti da quattro persone e un gruppo costituito da tre persone. I gruppi sono stati formati in modo casuale, in modo che all'inizio ciascun partecipante non sapesse chi fossero i propri compagni. Gli studenti appartenenti allo stesso gruppo hanno comunicato tra loro solo attraverso Forum e Chat.

6.3.2 Analisi dei protocolli

I risultati della sperimentazione (Albano, Dello Iacono, Mariotti, 2016) sono stati analizzati e discussi rispetto a due punti chiave, che andiamo a vedere di seguito.

1. evidenza di uno sviluppo nella produzione di argomentazioni a supporto della risoluzione a un problema

Sono state analizzate, da un punto di vista qualitativo, le argomentazioni prodotte nel task 3 (Domanda Aperta Individuale) e nel task 6 (Risposta nel forum di gruppo), cioè prima e dopo la Domanda Semiaperta Interattiva, per investigare l'efficacia dello script. Come vedremo in seguito, il confronto tra la natura dei singoli argomenti prodotti durante i due compiti evidenzia un miglioramento della coesione delle spiegazioni costruite. Al fine di verificare la coesione, cerchiamo i seguenti marcatori di coesione nei testi prodotti dagli studenti: ripetizioni lessicali (che consistono nella ripetizione di parole), ripetizioni grammaticali (riferimento, che indica qualcosa di già

apparso nel testo, e ellissi, che consiste nella voluta omissione di parole), congiunzioni, che permettono di collegare due parti di un discorso (esterne, quando riflettono uno stato di fatto, interne, quando si riferiscono esclusivamente all'organizzazione del testo).

Analizziamo il caso del gruppo 2. Nel task 3 soltanto lo studente S7 fornisce una motivazione alla propria risposta e attira l'attenzione dei propri compagni su questa richiesta. Replicando, infatti, ad un compagno che comunica di aver avuto dalla piattaforma un feedback positivo, in chat sostiene:

1. S7: *“Anche a me, però poi dobbiamo motivare la risposta”.*

Nel forum risponde così (Tabella 2):

Tabella 2: Risposta sul forum di S7

2	<i>La grandezza da rappresentare equivale al 20%</i>	una prima riformulazione dei dati del problema
3 4	$360^\circ:100\%=x:20\%$ $x=(360 \times 20):100=72^\circ$	S7 esegue alcuni calcoli
5	<i>Anche se il raggio cambia, l'ampiezza dell'angolo non cambia</i>	una conclusione è tratta dai calcoli precedenti.

Quello che viene riportato nel forum è più o meno un report del suo ragionamento, come se stesse pensando ad alta voce, senza alcun marcatore di coesione. Dal punto di vista di S7, il suo testo è coerente. Tuttavia, il testo non è da considerarsi coerente per un generico lettore, così come non lo è stato per un altro studente che, infatti, ha chiesto chiarimenti. Questa richiesta ha portato S7 a trasformare la sua motivazione in un nuovo testo (Tabella 3):

Tabella 3: Risposta di S7 dopo richiesta di chiarimenti

6	<i>L'angolo della parte colorata non cambia al variare del raggio</i>	La conclusione precedente diventa la prima affermazione che esprime la risposta da dare
7	<i>Perché in una circonferenza l'angolo è sempre 360° e quindi il 20% è 8 sempre 72°</i>	I calcoli che prima precedevano l'affermazione ora la seguono e possono essere interpretati come spiegazione.

Il nuovo testo è coeso. Infatti notiamo una ripetizione lessicale (angolo), due congiunzioni esterne (perché, allora), una ellissi (20% si riferisce a 360°). La differenza sostanziale tra i due testi consiste nel fatto che la coesione del secondo testo può aiutare il lettore a cogliere la coerenza, che può restare inaccessibile nel primo testo. La necessità di farsi capire, quindi di comunicare, porta lo studente a rielaborare il suo ragionamento per metterlo in una forma discorsiva che renda accessibile all'altro tanto la risposta quanto la motivazione (quindi l'argomento) che la supporta. Questo ha portato lo studente a trasformare la sequenza di ragionamento personale "dati del problema – calcoli – conclusione" in un testo "affermazione – argomentazione che la spiega" (Tabella 3). Il testo discorsivo che ne viene fuori, generato per obiettivi di comunicazione, risulta coeso: la richiesta di condividere la risposta personale sembra aver indotto lo studente ad articolare meglio il processo di soluzione e a trasformare i calcoli in un testo verbale che fornisce la motivazione di tale calcolo. Lo script collaborativo, quindi, ha promosso la costruzione di argomentazioni coese, per la necessità di migliorare la comunicazione all'interno del gruppo.

Nel task 6 c'è da osservare un netto miglioramento nella produzione di argomentazioni: tutti i membri del gruppo producono un testo fatto da una risposta alla domanda e una motivazione a supporto. In particolare due studenti (S5 e S8), che nel task 3 non hanno motivato la propria risposta, ora argomentano, andando al di là della richiesta e, oltre a riportare la risposta costruita con le tessere, riformulano la motivazione a parole loro, come vediamo di seguito (Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6 e Tabella 7).

Nel task 3, lo studente S8 scrive (Tabella 4):

Tabella 4: Risposta di S8 nel task 3

8	<i>Variando il raggio comunque l'angolo non varia</i>	Il testo non è coeso (c'è solo una congiunzione interna "comunque")
---	---	---

Poi, nel task 6, scrive (Tabella 5):

Tabella 5: Risposta di S8 nel task 6

9	<i>L'angolo non varia perché è sempre pari al 20% dell'angolo giro.</i>	Congiunzione esterna ("perché"), ellissi propria (è omesso "angolo").
10	<i>Gli altri scienziati sono pienamente d'accordo con me in quanto variando il raggio si ha solo un prolungamento di esso e l'angolo rimane invariato.</i>	Congiunzione esterna ("in quanto"), riferimento ("esso"), ripetizione lessicale ("angolo").

La frase in riga 9 Tabella 5 è quella costruita con le tessere. Poi (riga 10 Tabella 5) lo studente continua contestualizzando il suo operato nell'ambito della storia, in cui sembra essersi pienamente coinvolto: infatti, fa riferimento *agli altri scienziati*, che concordano con lui, e lo studente ne spiega, a parole sue, il motivo, cioè rafforza la frase in 9, producendo una motivazione a parole proprie della risposta data. La frase in 10 risulta coesa. Anche in questo caso lo script, richiedendo di riportare la risposta costruita con le tessere e il feedback degli scienziati, sembra promuovere la costruzione di argomenti in termini di testi coesi.

Una analoga evoluzione è mostrata dallo studente S5. Nel task 3 produce un testo non coeso (Tabella 6):

Tabella 6: Risposta di S5 nel task 3

11	<i>L'angolo non cambia, solo il raggio cambia</i>	Non ci sono marcatori di coesione
----	---	-----------------------------------

Nel task 6, lo studente scrive (Tabella 7):

Tabella 7: Risposta di S8 nel task 6

12	<i>L'angolo non cambia poiché è sempre uguale al 20% dell'angolo giro.</i>	Congiunzione esterna (“perché”), ellissi propria (“angolo” è omesso).
13	<i>Tutto il mio gruppo ha la mia stessa idea. L'angolo è sempre uguale poiché in una circonferenza l'angolo è sempre di 360°, quindi il 20% di 360° è sempre lo stesso</i>	Due ripetizioni lessicali (“angolo”, “360°”), due congiunzioni esterne (“poiché” e “quindi”)

Anche lo studente 5 riporta inizialmente la risposta con le tessere (riga 12 Tabella 7), ma subito dopo la contestualizza all’interno della storia e sembra coinvolto, tanto da chiamare *il mio gruppo* quello degli scienziati di cui fa parte nella storia (riga 13 Tabella 7). Il riferimento alla storia è per rafforzare il fatto che egli ha l’appoggio di tutto il suo gruppo. Anche in questo caso vediamo che lo studente riformula a parole sue la risposta e la motivazione a supporto. La frase costruita da S5 è coesa.

Gli esempi esaminati sembrano mostrare che la condivisione delle risposte e l’incitamento a trovare un accordo potrebbero portare gli studenti ad appropriarsi del significato di argomentazione come spiegazione e supporto alla correttezza di una soluzione, mediante testi coesi.

Consideriamo un caso in cui, anche se la risposta data dallo studente non è corretta, si può comunque osservare un miglioramento nella produzione dell’argomentazione. Lo studente S22 al Task 3 scrive (Tabella 8):

Tabella 8: Risposta di S22 nel task 3

14	<i>Più grande è il raggio e più l'angolo diminuisce.</i>	Questo testo non è coeso (non ci sono marcatori di coesione).
----	--	---

Al Task 6 scrive (Tabella 9):

Tabella 9: Risposta di S22 nel task 6

15	<i>L'angolo diminuisce perché è inversamente proporzionale al raggio, ma gli altri scienziati non sono d'accordo.</i>	Due congiunzioni esterne (“perché” e “ma”), ellissi (“l'angolo” è omesso nella proposizione subordinata).
----	---	---

Lo studente costruisce un testo coeso costruito mediante le tessere. Anche se la risposta non è corretta, vi è stata la produzione di un'argomentazione: ancora vediamo come il ragionamento fatto dallo studente (riga 14 Tabella 8) viene reinterpretato come spiegazione e pertanto diventa argomento in 15 (Tabella 9). Va notato, inoltre, il passaggio dal registro colloquiale del testo 14 (Tabella 8) per esprimere la relazione tra raggio e angolo, a quello evoluto del testo 15 (Tabella 9), testimoniato dalla scelta delle tessere che richiamano la relazione di proporzionalità inversa. Tralasciando la correttezza matematica della risposta, che non è il focus dello script, sembra evidente che lo script ha raggiunto l'obiettivo prefissato di favorire la costruzione di un'argomentazione verbale.

Un comportamento simile può essere osservato anche negli altri gruppi.

A fronte di soli 8 studenti in totale, che inizialmente producono una spiegazione verbale del proprio ragionamento, al termine dello script tutti i 23 studenti ne producono una. In particolare, la trasformazione di un ragionamento personale in una argomentazione quale spiegazione pubblica sembra essere dovuta alla richiesta di condividere le proprie risposte sulla chat. Gli studenti, infatti, non si limitano a riportare le frasi costruite con le tessere, ma producono argomenti con le proprie parole assemblate in una struttura simile a quella suggerita dallo script.

2. evidenza del differente funzionamento dello script a seconda dell'atteggiamento dello studente rispetto alla storia e al lavoro di gruppo.

I protocolli mostrano evidenza del fatto che l'atteggiamento degli studenti rispetto alla storia e al lavoro di gruppo influenzi fortemente l'efficacia dell'attività. Tutti i

membri del gruppo 2, infatti, sono coinvolti nella storia e condividono un buon clima che favorisce la collaborazione. È possibile notare, in alcuni altri casi, in assenza di ciò, l'attività fallisce. Per il gruppo 5, ad esempio, il task 3 sembra funzionare bene e, come si evince dai protocolli seguenti, gli studenti coinvolti nell'attività producono argomentazioni abbastanza diverse:

- 16 S17 $360:100$
17 $3.6 \times 20 = 72$
18 *al variare del raggio l'angolo non cambia perchè la percentuale è*
19 *sempre la stessa*
20 S20 *variare del raggio l'angolo che indica la percentuale della*
21 *roccia considerata non varia perché*
22 *il 20% di 360° è sempre 72°*
23 $360.1/5 = 72$

Al task 6, sembra che gli studenti abbiano perso interesse nell'attività, non sono più coinvolti come nella fase iniziale e non soddisfano completamente le richieste. Infatti, si limitano a riportare la risposta con le tessere senza il feedback degli scienziati, impedendo di fatto l'avvio di un confronto all'interno del gruppo. Analizzando i protocolli della chat, risulta evidente nel gruppo un cambiamento di clima, già a partire dal task 4, quando gli studenti cominciano a diventare nervosi:

- 24 S18 *SIAMO D'ACCORDO SULLO SCRIVERE CHE LA VARIAZIONE*
25 *DEL RAGGIO NON HA COME CONSEGUENZA LA*
26 *VARIAZIONE DELL'ANGOLO DELLA PARTE COLORATA?*
27 S20 *ma nn abbm ancora dato la prima risposta concordata beep*
28 S18 *LA STIAMO FACENDO ORA LA RISPOSTA CONCORDATA*
29 *S20, sei un genio del male, connetti il cervello*
30 S20 *come si condivide al forum*
31 S18 *Sezione condivisione come hai fatto con quell'altro quesito*
32 S20 *l'ho condivisa?*
33 S18 *No non l'hai condivisa*
34 S20 *come se fa*
35 S18 *SEZIONE CONDIVIDIAMO*

- 36 S20 *2 ce ne stanno, se togliete quella degli appunti la scelta si restringe, no?*
- 37 S18 *Ragazzi rispondete per favore*
- 38 S18 *Dobbiamo discutere di alcune cose*
- 39 S20 *nn so condividere*
- 40 S18 *Siete degli incapaci*
- 41 S18 *Andate su Forum di gruppo*
- 42 S20 *poi devo fare invia al forum*
- 43 S18 *Ci sono 2 discussioni*
- 44 S18 *1 si chiama Condividiamo*
- 45 S17 *che devo scrivere dentro condividiamo*
- 46 S18 *C'è scritto Rispondi dove c'è il Condividiamo*
- 47 S18 *AVETE CAPITO?!*
- 48 *FATELO TUTTI E 4 SE NON LO AVETE GIA' FATTO!*
- 49 S20 *ho condiviso?*
- 50 *beep*
- 51 S18 *Ti ho detto nella sezione condividiamo,*
- 52 *Non negli appunti, ne ero certo che lo facevi*
- 53 *Muoviti a scriverla nel condividiamo*
- 54 S20 *dove beep sta*
- 55 S18 *CI SONO DUE SESSIONI DEL beep*
- 56 S17 *ma S20 chi è*
- 57 S18 *L'ALTRA ALLORA SARA' QUELLA CONDIVIDIAMO E POI C'E'*
- 58 *SCRITTO*
- 59 S18 *Dite i nomi veloci*
- 60 *S20 chi sei?*

In questo gruppo il Capitano è lo studente S18. È lui, infatti, che nella chat relativa al task 1, scrive:

S18 lo sono il capitano

L'atteggiamento negativo, in particolare del Capitano, sembra aver influenzato in maniera evidente il modo di operare all'interno del gruppo, e ciò ha reso difficoltosa, se non impossibile, la collaborazione.

E' interessante notare come alcuni studenti del gruppo, e in particolare lo studente S20, nonostante le buone capacità in matematica (righe 20-23), siano in difficoltà nell'utilizzo degli strumenti informatici (righe 30-46). Lo studente S18 cerca in una fase iniziale di supportare i compagni, ma, dopo poco, inizia ad innervosirsi, come è evidente dall'uso del maiuscolo (righe 47, 48, 55, 57 e 58) che, nella comunicazione scritta, equivale ad alzare la voce. S18 già aveva fatto uso del maiuscolo in precedenza (righe 24, 25, 26, 28, 35). Ciò può essere interpretato come una perdita di pazienza da parte del Capitano, che certo non favorisce l'interazione all'interno del gruppo.

6.3.3 Risultati: punti di debolezza e suggerimenti

I protocolli degli studenti, prodotti in questo studio pilota, sono stati analizzati da un lato, rispetto all'influenza che ha avuto lo script nel favorire la produzione di argomentazioni a supporto della risoluzione di un problema, dall'altro lato rispetto al diverso funzionamento dello script a seconda dell'atteggiamento dello studente nei confronti della storia e del lavoro di squadra.

Per quanto riguarda il primo punto, i primi risultati sembrano mostrare un successo dell'attività di apprendimento, visto l'aumento nel numero di studenti che producono argomenti alla fine dell'attività rispetto alla fase iniziale. Sembra, inoltre, che lo script favorisca l'introduzione dello studente alla costruzione di argomenti coesi da un punto di vista linguistico, indipendentemente dall'abilità dello studente in matematica: alcuni studenti si spostano dalla produzione di calcoli alla costruzione di argomenti coesi che fanno uso dei precedenti calcoli; altri studenti, anche se non ottengono la risposta corretta dal punto di vista matematico, trasformano comunque il proprio ragionamento in testi evoluti e coesi.

Per quanto riguarda il secondo punto, sembra che lo script funzioni bene allorché si crei un clima positivo all'interno del gruppo che possa favorire la collaborazione e il coinvolgimento nella storia. Un clima negativo del gruppo, invece, può compromettere il successo dell'intera attività. Sembrerebbe che il clima negativo possa dipendere dal fatto che il Capitano abbia troppe responsabilità all'interno del gruppo: è colui che si impegna nella risoluzione del quesito (righe 20-23 par. 6.3.2), che cerca di favorire l'interazione all'interno del gruppo (righe 37-38 par. 6.3.2), che

supporta i compagni nell'utilizzo di strumenti informatici (righe 41-46) e che si interessa delle risposte concordate fornite dal gruppo (riga 28). A partire da questa analisi, abbiamo individuato almeno quattro competenze che entrano in gioco in attività di questo tipo: una competenza matematica (math literacy), una competenza nell'uso degli strumenti informatici (digital literacy), una competenza sociale (social literacy) e una competenza editoriale (blogger literacy). L'analisi di questo studio pilota suggerisce, quindi, l'opportunità di assegnare un ruolo a ciascun membro del gruppo e, a partire da questa osservazione, sono stati individuati i 4 ruoli (Capitano, Matematico, Informatico e Blogger), uno per ciascuna competenza da mediare.

6.4 Lo studio principale

6.4.1 Metodologia

Il DIST-M, così come descritto nel Capitolo 5 di questa tesi, con tutti i suoi Frame e script e implementato per il caso specifico, è stato sperimentato in uno studio principale che ha coinvolto una classe seconda del Liceo Classico dell'Istituto di Istruzione Superiore "Virgilio" di San Giorgio del Sannio (BN). Come già precisato, l'istanza del DIST-M descritta nel Capitolo 5 di questa tesi differisce rispetto alla versione sperimentata nello studio pilota (cfr. Paragrafo 6.3) per il fatto che, in questa versione (Albano, Dello Iacono, Fiorentino, 2016):

- sono presenti più Capitoli della storia. In particolare è stato implementato lo script Capitolo 2, per verificare l'eventuale avvenuta interiorizzazione dello script Capitolo 1;
- ogni studente assume almeno un ruolo all'interno del gruppo, per ciascun Capitolo. Questa scelta è frutto della sperimentazione dello studio pilota, descritto nei paragrafi precedenti, che ha suggerito il bisogno di assegnare un ruolo a ciascun membro del gruppo;
- le discussioni avvengono sul Forum Domande e Risposte e non in Chat. Abbiamo, infatti, osservato nelle sperimentazioni precedenti che alcuni studenti venivano influenzati dalle risposte dei compagni o, addirittura, riportavano i medesimi interventi. Con il Forum Domande e Risposte, invece, si favorisce la produzione di interventi non condizionati poiché lo studente

- può visualizzare gli interventi dei propri compagni solo dopo aver postato il proprio;
- gli studenti consegnano la risposta concordata attraverso l'attività Compito di Moodle. Questa scelta è stata fatta per coinvolgere tutti gli studenti. Nella versione precedente, infatti, il compito di scrivere la risposta concordata era affidato al Capitano, che la riportava in chat. Con l'attività Compito, invece, ciascuno studente deve inviare la medesima consegna, per renderla definitiva;
 - c'è una maggiore personalizzazione dei percorsi, grazie all'introduzione del codice dinamico nella Domanda Grafica Interattiva e nella Domanda Semiaperta Interattiva. In questo modo siamo in grado di implementare meglio l'idea di personalizzazione convergente di Baldacci (2005);
 - c'è un Forum Generale, nel quale ciascuno può chiedere aiuto e porre domande e che prevede l'eventuale l'intervento di un Tutor per chiarire le idee agli studenti in difficoltà. È stato introdotto poiché, nelle sperimentazioni precedenti abbiamo osservato che alcuni gruppi, nei quali non erano presenti studenti in grado di risolvere il quesito proposto, non riuscivano a concludere l'attività;
 - è stato introdotto un Diario di bordo di gruppo, poiché, essendo presenti più Capitoli della storia, abbiamo ritenuto utile fornire uno strumento nel quale ciascun gruppo potesse annotare le informazioni utili per momenti successivi.

Nella sperimentazione sono stati coinvolti 11 studenti del Liceo Classico, suddivisi in 4 gruppi, di cui 3 composti da 3 studenti e 1 da 2 studenti. I gruppi sono stati formati in maniera casuale e i membri di uno stesso gruppo hanno comunicato tra loro solo attraverso gli strumenti della piattaforma. Nei gruppi di 3 membri, uno studente ha assunto 2 ruoli, mentre, nel gruppo da 2, ciascuno studente ha assunto 2 ruoli. Nel task 1 di ciascun Capitolo di Programma Discovery, i gruppi hanno ridefinito i ruoli al loro interno, lasciando quindi a ciascuno la possibilità di giocare più di un ruolo nell'intera storia.

La sperimentazione si è svolta in 3 incontri di 2 ore ciascuno. Nel primo incontro gli studenti hanno lavorato al Frame Introduzione e, quindi ai Tutorial, e hanno iniziato a lavorare allo script Capitolo 1, scegliendo i ruoli all'interno del gruppo (task 1). Nel secondo incontro (14 giorni dopo il primo incontro) hanno concluso lo script Capitolo

1 e nel terzo incontro (14 giorni dal secondo incontro) hanno lavorato allo script Capitolo 2. Abbiamo scelto di somministrare gli script a distanza di due settimane l'uno dall'altro, per verificare la loro eventuale interiorizzazione in un periodo di tempo in cui gli studenti hanno proseguito con le usuali attività scolastiche.

Gli incontri si sono svolti nel laboratorio di informatica dell'Istituto, dove ogni studente ha lavorato con il proprio pc ed ha avuto accesso alla piattaforma disponendo di username e password fornite dal ricercatore nel primo incontro. Gli studenti sono apparsi in piattaforma in maniera anonima (è stato visualizzato solo il loro username S1, S2, ...).

Il ricercatore è stato presente in tutti gli incontri, ha supportato gli studenti nella fase iniziale di accesso alla piattaforma fornendo le indicazioni preliminari in ciascun incontro (modalità di accesso alla piattaforma, indicazioni sul corso da selezionare e sul Capitolo della storia da affrontare) ed ha osservato lo svolgersi dell'attività, controllando che le comunicazioni all'interno di ciascun gruppo avvenissero soltanto attraverso Chat, Forum e Wiki, disponibili in piattaforma.

Nello script Introduzione, così come già precisato nel Capitolo 5 di questa tesi, gli studenti hanno la possibilità di scegliere il proprio percorso: visitare pagine di teoria, accedere ad uno o più Tutorial o terminare l'attività. Lo scopo dei Tutorial è quello di introdurre lo studente alla piattaforma e consentire a tutti di partire dallo stesso livello di prerequisiti. In quest'ottica, durante la somministrazione dello script Introduzione, il ricercatore, ha lasciato gli studenti liberi di accedere a qualsiasi Tutorial o pagina di teoria, ma ha consigliato di svolgere il tutorial "Areogramma" (cfr. paragrafo 5.3.2 del Capitolo 5 di questa tesi), visto che in entrambi i primi due script del Frame Livello 1 di Programma Discovery, vengono proposte attività strettamente legate al grafico a torta.

In questo studio abbiamo potuto confrontare le risposte aperte fornite dallo studente nei vari momenti della storia "Programma Discovery". In particolare, nel Capitolo 1 della storia abbiamo analizzato:

- la risposta alla domanda di riflessione nel task di Manipolazione e Riflessione (task 2 - parte 2);
- la risposta nel forum alla Domanda Aperta Individuale (task 3);
- la Risposta Concordata (task 5);
- la Risposta sul forum, in seguito alla manipolazione con le tessere (task 7);

- la risposta nel Diario di bordo (task 9);
- La risposta nel Diario personale (task 10).

Nel Capitolo 2 della storia abbiamo analizzato:

- la risposta alla domanda di riflessione nel task di Manipolazione e Riflessione (task 2 – parte 2);
- la risposta nel forum alla Domanda Aperta Individuale (task 3);
- la Risposta Concordata (task 5);
- la risposta nel Diario di bordo (task 7).

Abbiamo analizzato i protocolli relativi alle diverse domande sopra citate per individuare l'eventuale miglioramento dello studente nella produzione di argomenti.

In particolare,

- nell'analizzare i protocolli del Capitolo 1 ci siamo focalizzati a indagare quanto abbiano influito la collaborazione e la DSI nella produzione di argomentazioni;
- l'analisi dei protocolli del Capitolo 2 è stata volta ad osservare evidenze di interiorizzazione del passaggio da un ragionamento personale alla produzione di argomenti verbali, come suggerito dallo script del Capitolo 1.

6.4.2 Analisi dei protocolli dello script Capitolo 1

In questa sezione prendiamo in esame la parte di sperimentazione relativa allo script Capitolo 1 (Figura 57) di Programma Discovery:

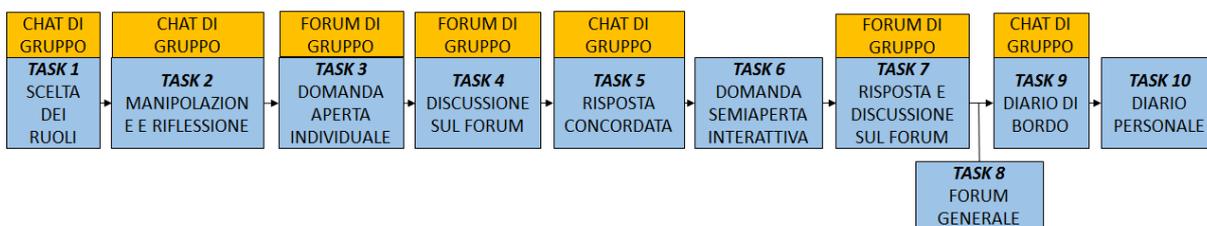


Figura 57: Disegno dello script Capitolo 1

Per ciascun gruppo di studenti, abbiamo guardato le produzioni scritte sia da un punto di vista quantitativo che da un punto di vista qualitativo.

Per ciascuna produzione scritta abbiamo osservato la presenza di argomentazioni e, in tal caso, la loro qualità in termini di coerenza e coesione linguistica (cfr. paragrafo 6.1), classificandola in base a livelli che definiamo nella seguente legenda:

- 0, se non vi è alcuna argomentazione;
- 1, se c'è un'argomentazione implicita, ma con pochi marcatori di coesione;
- 2 se la scrittura è coesa e coerente, ma l'argomentazione rimane in qualche modo implicita (cioè, richiede la collaborazione del lettore);
- 3, se la scrittura consiste in un testo, percepito come coerente e ben coeso, e l'argomentazione è esplicita.

Per noi il livello 2 corrisponde ad un livello sufficiente di argomentazione, nel senso che dal testo si può evincere che lo studente ha in mente l'argomentazione, ma è in grado di comunicarla solo in parte.

Le produzioni di ogni studente (etichettato come S#), secondo la precedente legenda, possono essere riassunte nella Tabella 10:

Tabella 10: Livelli di argomentazione per ciascuno studente nei task 2, 3 e 7

Task\Group	1	2	3	4
2	S1: 1 S2: 2 S3: 0	S4: 0 S5: 0 S6: 1	S7: 0 S8: 1 S9: 0	S10: 1 S11: 1
3	S1: 0 S2: 2 S3: 1	S4: 0 S5: 1 S6: 2	S7: 0 S8: 2 S9: 0	S10: 2 S11: 2
7	S1: 2 S2: 3 S3: 2	S4: 1 S5: 2 S6: 2	S7: 2 S8: 3 S9: 2	S10: 3 S11: 3

Come mostrano i dati in tabella, si può osservare un debole miglioramento nella produzione di argomentazioni dal task 2 al task 3. Ricordiamo che il task 2 - parte 2

richiede allo studente di riflettere su ciò che accade in casi diversi rispetto alla manipolazione da lui fatta nel task 2 parte 1, mentre il task 3 richiede allo studente una generalizzazione di quanto riscontrato nel task precedente. Solo pochi studenti, nel task 3, sono in grado di argomentare ad un livello sufficiente (livello 2), alcuni non producono alcun tipo di argomentazione (livello 0) e nessuno produce un'argomentazione esplicita, coerente e coesa (livello 3).

Vediamo in dettaglio alcuni protocolli relativi al gruppo 1, nel passaggio dal task 2 al task 3 (Tabella 11). Tutti gli studenti di questo gruppo hanno fornito una risposta corretta alla Domanda Grafica Interattiva (DGI) (task 2 - parte 1), quindi nel task 2 - parte 2 "l'altro scienziato" provoca una riflessione nello studente, chiedendogli se cambia qualcosa nel areogramma con un raggio diverso da quello preso in considerazione nella DGI.

Tabella 11: Protocolli del gruppo 1 nei task 2 e 3

Task	S#	Protocollo	Analisi
2	S1	<i>Non cambierebbe nulla perché le percentuali e i gradi sono sempre gli stessi.</i>	Argomentazione implicita e solo una congiunzione esterna ("perché")
	S2	<i>Non cambia nulla, perché con l'aumentare del raggio, è soltanto la grandezza della circonferenza crescere, dunque i gradi sono sempre gli stessi.</i>	Due congiunzioni esterne ("perché", "dunque"), argomentazione non del tutto esplicita.
	S3	<i>Aumenta il raggio ma l'ampiezza è invariata.</i>	Nessuna argomentazione
3	S1	<i>L'angolo rimane sempre uguale al variare del raggio</i>	Nessuna argomentazione
	S2	<i>La parte colorata aumenta con l'aumentare della circonferenza,</i>	Due congiunzioni esterne ("ma", "e"), argomentazione più

		<i>ma l'angolo rimane costante (72°) e lo stesso la percentuale (20%)</i>	esplicita rispetto alla precedente, ma ancora non comunicata in maniera chiara
	S3	<i>Non cambia nulla in quanto i gradi, all'aumentare o al diminuire della circonferenza restano uguali</i>	Argomentazione implicita e solo una congiunzione esterna ("in quanto").

Come si può vedere dalle produzioni nel task 2, è evidente che sia lo studente S1 che lo studente S2 hanno contezza del legame tra la percentuale da rappresentare e i gradi della sezione circolare corrispondente sull'aerogramma, così come del fatto che tale legame è indipendente dal raggio dell'aerogramma, ma questi legami restano impliciti nell'argomento che danno, seppur con un tentativo di esplicitazione maggiore in S2. Nel passare dal task 2 al task 3 non c'è un miglioramento significativo. S3, argomenta, anche se in maniera implicita, facendo riferimento ai gradi dell'angolo. S1, invece, non argomenta, a differenza di quanto fatto nel task 2, dove era comparsa un'argomentazione, anche se implicita.

Possiamo notare, però, un miglioramento significativo dal task 3 al task 7 (Tabella *Tabella 1010*). Questo miglioramento sembra possa essere attribuito sia alla fase di collaborazione (task 4 e task 5) e sia alla componente puramente argomentativa dello script (task 6), come vedremo continuando l'analisi dei protocolli del gruppo 1, relativa alle produzioni nel task 7 (Tabella 12). Ricordiamo che i task 3 e 7 richiedono allo studente di rispondere alla medesima domanda, rispettivamente, prima e dopo le attività esplicitamente sociali (task 4 e 5) e la Domanda Semiaperta Interattiva (task 6).

Tabella 12: Protocolli del gruppo 1 nel task 7

Task	S#	Protocollo	Analisi
7	S1	<i>L'angolo non varia dato che è direttamente proporzionale alla</i>	Lo studente va oltre la frase costruita con le tessere (prima

		<p><i>circonferenza dato che all'aumentare della circonferenza la percentuale dell'angolo non varia perché i gradi sono sempre 360.</i></p>	<p>parte), e aggiunge spiegazioni che si riferiscono ad argomenti in qualche modo impliciti. Nella seconda parte, due congiunzioni esterne (“dato che”, “perché”) e due ripetizioni lessicali (“angolo”, “circonferenza”).</p>
S2	<p><i>L'angolo è direttamente proporzionale alla circonferenza e dunque non varia. Con l'aumentare del raggio, vi è un aumento della grandezza della circonferenza, ma non dell'ampiezza dell'angolo all'interno. I gradi della circonferenza sono sempre 360 e la percentuale totale sempre 100. Quindi, qualsiasi cambiamento si voglia apportare alla grandezza della circonferenza, l'angolo rimarrà sempre stabile e fisso.</i></p>	<p>Lo studente va oltre la frase costruita con le tessere (prima parte), aggiungendo molte spiegazioni riferite ad argomenti espliciti. Nella seconda parte, due congiunzioni esterne (“ma”, “quindi”), una ellissi sostitutiva (“ma non dell’ampiezza” invece che “ma non c’è un aumento dell’ampiezza”), diverse ripetizioni lessicali (“angolo”, “circonferenza”).</p>	
S3	<p><i>l'angolo non varia poiché è direttamente proporzionale all'area del cerchio poiché all'aumentare della circonferenza ,l'angolo resta invariato. L'ampiezza dell'angolo non muta poiché il raggio non si muove ma si aumenta solamente.</i></p>	<p>Lo studente va oltre la frase costruita con le tessere (prima parte), e aggiunge spiegazioni che si riferiscono ad argomenti in qualche modo impliciti. Nella seconda parte, due congiunzioni esterne (“poiché”, “poiché”), una ripetizione lessicale (“angolo”)</p>	

Nel task 7 vediamo che tutti gli studenti costruiscono argomentazioni ad un livello sufficiente (livello 2) e, in particolare, lo studente S2, che raggiunge il livello 3.

È da notare come la risposta fornita da S2 nel task 7 (Tabella 12), in seguito alla discussione (task 4), sia stata scelta dagli studenti del gruppo, come risposta concordata (task 5):

La parte colorata aumenta con l'aumentare della circonferenza, ma l'angolo rimane costante (72°) e lo stesso la percentuale (20%).

La scelta della frase di S2 evidenzia il fatto che tutti i membri sono in qualche modo implicitamente consapevoli che quella frase è la più completa, in quanto fornisce comunque un'argomentazione, anche se non completamente esplicita. Facciamo presente che, in questo Capitolo di Programma Discovery, S2 non è l'Ufficiale delle Comunicazioni, ossia non è colui che ha il compito di riportare la risposta condivisa. La scelta di riportare la sua frase, quindi, è stata effettivamente una scelta del gruppo, e non una presa di posizione di S2.

Andando avanti nello script ed esaminando i dialoghi del gruppo 1 nella chat, in relazione al task 6, sembra che questo task abbia fatto osservare agli studenti la richiesta di spiegazione del proprio ragionamento, come mostrato dagli estratti che seguono:

- 1 S3: *la spiegazione?*
- 2 S1: *il ragionamento*
- 3 S3: *che scriviamo?*
- 4 S2: *fammi pensare*
- 5 S1: *vai vai*
- 6 S2: *credo che il raggio è direttamente proporzionale alla ...*
- 7 NON LO SO :'(

Non sembra casuale che proprio S2, che nel task 3 aveva già fornito un'argomentazione (cfr. Tabella 11), anche se implicita, frutto di un

ragionamento, risulti da questa conversazione lo studente più impegnato nel ragionamento (cfr. riga 4 della chat sopra). Osserviamo che S2 sembra essere in crisi perché non è in grado di esprimere attraverso le tessere il suo pensiero (cfr. righe 6 e 7 della chat sopra riportata). Questa crisi mette in evidenza delle carenze dal punto di vista matematico ed S2 prende consapevolezza di questo, grazie proprio al task 6, come poi testimoniato da quanto riportato dallo studente nel Diario personale (task 10):

Ho avuto delle difficoltà perché la grandezza della circonferenza avrebbe potuto essere qualsiasi. E la risposta dei blocchi, sapevo di averla sbagliata, ma ho giustificato il ragionamento dopo.

Riportiamo, infine, il Diario di Bordo (task 9) del gruppo 1:

Abbiamo iniziato il capitolo 1 analizzando l'areogramma riportato. Dopo una serie di procedimenti motivati poi da una spiegazione siamo arrivati alla conclusione di una teoria comune ovvero: l'angolo non varia poiché all'aumentare l'angolo non varia poiché è direttamente proporzionale all'area del cerchio. L'angolo è direttamente proporzionale alla circonferenza e dunque non varia. Con l'aumentare del raggio, vi è un aumento della grandezza della circonferenza, ma non dell'ampiezza dell'angolo all'interno. I gradi della circonferenza sono sempre 360 e la percentuale totale sempre 100. Quindi, qualsiasi cambiamento si voglia apportare alla grandezza della circonferenza, l'angolo rimarrà sempre stabile e fisso".

Quanto scritto sopra ci sembra molto interessante perché mette in luce un processo metacognitivo frutto del lavoro di gruppo. Guardando indietro alla loro esperienza, gli studenti sono diventati coscienti di essere passati dalla semplice applicazione di procedure alla loro giustificazione con argomenti per poi, alla fine, raggiungere una *teoria comune*.

Notiamo, infine, dall'esame dei protocolli, che S2 sembra agire come un esperto nel gruppo ed le sue interazioni con i compagni sembrano portare ad un miglioramento in ciascuno nella produzione di argomentazioni scritte. Possiamo quindi dire che S2, supportato e favorito dallo script, assume il ruolo di mediatore rispetto all'obiettivo educativo prefissato. Questo incontra il nostro principale obiettivo di

ricerca, ossia trasferire il ruolo di mediatore al gruppo di pari on line, fin quando questo sia possibile. È essenziale sottolineare che tale ruolo è stato favorito dai vincoli imposti dallo script, ossia le richieste di confronto all'interno del gruppo, la richiesta di una risposta comune e di una risposta individuale costruita con le tessere.

Dall'analisi relativa al gruppo 1, possiamo concludere che lo script è stato efficace nel favorire la competenza argomentativa in matematica, anche se il gruppo non è stato in grado di dare la risposta corretta dal punto di vista matematico. Guardando i protocolli, sembra che gli studenti abbiano raggiunto una comprensione intuitiva dei contenuti matematici coinvolti nel problema, ma sembrano mancare di alcuni concetti matematici specifici e necessari nel problema in gioco (ad es. la proporzionalità diretta) che hanno impedito loro di formulare una argomentazione verbale corretta per quanto riguarda la matematica.

Risultati analoghi a quelli riportati per il gruppo 1 possono essere riscontrati anche in altri gruppi. Analizziamo, ad esempio, i protocolli del gruppo 2. Anche gli studenti di questo gruppo hanno risposto in maniera esatta alla Domanda Grafica Interattiva (DGI) (task 2 parte 1) e, dunque, anche in questo caso, nella fase di riflessione (task 2 parte 2) "l'altro scienziato" chiede se cambia qualcosa nell'areogramma scegliendo un raggio diverso da quello preso in considerazione nella DGI.

Se andiamo a guardare i protocolli relativi ai task 2 e 3 (Tabella 13), vediamo che anche per il gruppo 2 non c'è un significativo miglioramento.

Tabella 13: Protocolli del gruppo 2 nei task 2 e 3

Task	S#	Protocollo	Analisi
2	S4	<i>non cambia niente perchè l'angolo rimane sempre lo stesso.</i>	Nessuna argomentazione, una congiunzione esterna ("perché")
	S5	<i>No</i>	Nessuna argomentazione

	S6	<i>No, non cambierebbe perché non importa quanto il raggio sia grande, la percentuale arriva sempre a cento, non aumenta</i>	Argomentazione implicita, una congiunzione esterna (“perché”) e una ellissi propria (“la percentuale”).
3	S4	<i>l'angolo della parte colorata al variare del raggio cambia per la misura del raggio</i>	Non c'è argomentazione
	S5	<i>non cambia nulla perché aumenta solo il raggio e i gradi dell'angolo sono sempre gli stessi</i>	Argomentazione implicita, una congiunzione esterna (“perché”)
	S6	<i>L'angolo non varia perché il valore è sempre di 360°, quindi la parte colorata rimane costante anche all'aumentare o al diminuire del raggio.</i>	Quattro congiunzioni esterne (“perché”, “quindi”, “anche”, “o”), argomentazione non del tutto esplicita

I protocolli mostrano un lieve miglioramento, in particolare per lo studente S6, che raggiunge un livello sufficiente (livello 2, Tabella 13).

Un ulteriore miglioramento per il gruppo 2 è registrabile nel passaggio dal task 3 al task 7 (cfr. Tabella 10) che andiamo a vedere nel dettaglio analizzando i relativi protocolli (Tabella 14).

Tabella 14: Protocolli del gruppo 2 nel task 7

Task	S#	Protocollo	Analisi
7	S4	<i>l'angolo rimane costante perché è direttamente proporzionale all'area del cerchio. L'angolo</i>	Lo studente cerca di andare oltre la frase costruita con le tessere (prima parte), e cerca di

		<i>non cambia poiché è sempre proporzionale all'area del cerchio.</i>	aggiungere spiegazioni, ripetendo, in realtà, quanto già affermato. Nella seconda parte, una congiunzione esterne (“poiché”), due ripetizioni lessicali (“angolo”, “area del cerchio”)
S5		<i>l'angolo non varia poiché è direttamente proporzionale alla circonferenza. Con l'aumentare della circonferenza l'angolo non cambia. L'ampiezza dell'angolo rimane la stessa perché non si sposta il raggio ma si aumenta solamente.</i>	Lo studente va oltre la frase costruita con le tessere (prima parte), e aggiunge spiegazioni che si riferiscono ad argomenti non del tutto espliciti. Nella seconda parte, due congiunzioni esterne (“perché”, “ma”), una ripetizione lessicale (“angolo”)
S6		<i>ho scritto che l'angolo non cambia poiché è sempre proporzionale all'area del cerchio perchè i gradi sono 360, L'angolo non varia perché l'ampiezza è sempre di 360° quindi anche se aumentiamo il raggio del cerchio l'angolo rimane uguale.</i>	Lo studente va oltre la frase costruita con le tessere (prima parte), aggiungendo molte spiegazioni riferite ad argomenti non del tutto espliciti. Nella seconda parte, tre congiunzioni esterne (“perché”, “perché”, “quindi”), una ellissi sostitutiva (“l'ampiezza è sempre” invece che “l'ampiezza dell'angolo è sempre”), diverse ripetizioni lessicali (“angolo”, “cerchio”).

Tutti gli studenti, ad eccezione di S4, costruiscono argomentazioni ad un livello sufficiente (livello 2). Nessuno raggiunge il livello 3 ma S3 si avvicina molto.

Anche in questo caso, come per il gruppo 1, esaminando i protocolli relativi ai task intermedi, il miglioramento sembra possa essere attribuito sia alla fase di

collaborazione (task 4 e task 5) e sia alla componente puramente argomentativa dello script (task 6) e, in particolare, quest'ultima ha fatto emergere la richiesta di un'argomentazione. Infatti, la risposta concordata dal gruppo nel task 5,

l'angolo non varia, rimane costante all'aumentare e diminuire del raggio

non presenta argomentazione. Se guardiamo la chat relativa al questo task 5, vediamo come il gruppo è arrivato a questa risposta:

S6: quale risposta diamo?

S7: cosa volete scrivere come risposta comune

S6: forse che il raggio non cambia

S7: troppo corta

S6: e tu che vuoi mettere

S6: weee che vogliamo scrivere

S7: l'angolo non varia, rimane costante anche all'aumentare o al diminuire del raggio.

S7: vi piace

S8: sissn ya

S7: okay allora andiamo avanti

S6: okay

Si vede che c'è stata collaborazione, che quindi la risposta è stata davvero concordata tra i membri del gruppo, ma tutti hanno perso di vista che il quesito richiedeva di motivare la risposta.

Andando a guardare la chat relativa al task 6, vediamo che anche per questo gruppo questo task sembra far emergere la necessità di spiegazione del proprio ragionamento:

S6: e ora

S4: come l'avete fatta?

S4: come avete scritto il ragionamento

Infine, andiamo a guardare il Diario di bordo:

la nostra guida ci ha chiesto perché l'angolo di 72° non cambia se l'area aumenta. Io e i miei compagni abbiamo cercato di rispondere in vari modi e dalla discussione affrontata abbiamo concluso che l'angolo non varia perché l'ampiezza del cerchio è sempre di 360° e, inoltre, il raggio aumenta ma l'angolo rimane costante, non dipende dal raggio.

È interessante osservare come, in questo testo, non si parla più di *diretta proporzionalità*, concetto presente in tutti gli interventi degli studenti, relativamente al task 7, riportati nella Tabella 6. La nuova formulazione della giustificazione sembra essere frutto della collaborazione all'interno del gruppo (*"Io e i miei compagni abbiamo..."*) e, in particolare, delle discussioni all'interno del gruppo (*"...e dalla discussione affrontata abbiamo concluso che..."*), favorite dalle componenti sociali dello script e dalla cornice di storytelling (*"la nostra guida ci ha chiesto ..."*) che ha coinvolto gli studenti nell'attività.

Quanto la collaborazione sia stata importante per i membri di questo gruppo è evidente anche dal diario personale (task 10) dello studente S7:

con il mio gruppo abbiamo affrontato le varie attività, con alcune difficoltà nella comprensione, ma avendole sempre superate.

Il diario personale ha, talvolta, messo in evidenza anche il legame tra il successo dell'attività e il rapporto dello studente con la matematica (Zan, Di Martino, 2007), come si vede nel caso dello studente S8:

gentilissimo SIGNOR TIZIO CHE NON CONOSCO, perchè l'omino è sempre triste? Dategli un antidepressivo...Partendo dal presupposto che odio la matematica ma se devo scrivere pure la mia motivazione è fastidioso :(

6.4.3 Analisi dei protocolli dello script Capitolo 2

In questa sezione analizziamo i risultati della sperimentazione dello script Capitolo 2 di Programma Discovery (Figura 58).

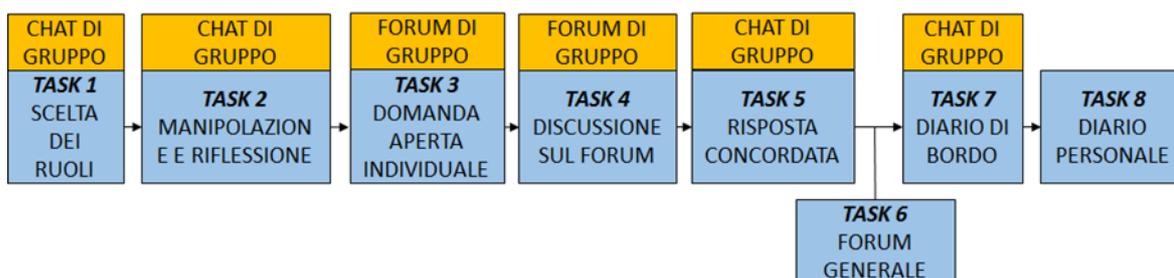


Figura 58: Disegno dello script Capitolo 2

Per ciascun gruppo di studenti, esamineremo le produzioni scritte nel task 3 (Domanda Aperta Individuale), sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo, e indagheremo su quanto lo script Capitolo 1 sia stato interiorizzato oppure no. In questo Capitolo, allo studente viene chiesto di rispondere in maniera individuale alla seguente domanda:

“Il totale di roccia trovata nel mese di febbraio è 40 kg di cui 16 kg sono di roccia marrone. Se rappresenti questa informazione relativa al mese di febbraio su un aerogramma, quale deve essere l'ampiezza dell'angolo del settore circolare che rappresenta la quantità di roccia marrone? Motiva la tua risposta”.

Nell'esame dei protocolli, utilizzeremo la stessa legenda del Capitolo 1, che riportiamo per semplificare la lettura:

- 0, se non vi è alcuna argomentazione;
- 1, se c'è un'argomentazione implicita, ma con pochi marcatori di coesione;
- 2, se la scrittura è coesa e coerente, ma l'argomentazione rimane in qualche modo implicita (cioè, richiede la collaborazione del lettore). E' il livello sufficiente di argomentazione, nel senso che lo studente ha in mente l'argomentazione, ma lui / lei è in grado di comunicarla solo in parte;
- 3, se la scrittura consiste in un testo, percepito come coerente e ben coeso, e l'argomentazione è esplicita.

La Tabella 15 riassume i risultati dell'analisi dei protocolli per ogni studente (etichettato come S#) relativi al task 3 dei Capitoli 1 e 2. Evidenziamo che, per il Capitolo 2, al gruppo 1 si è aggiunto un nuovo studente, che indichiamo con SN.

Tabella 15: Livelli di argomentazione per ciascuno studente nel task 3 Capitolo 2

Task\Group	1	2	3	4
Task 3 Capitolo 1	S1: 0 S2: 2 S3: 1	S4: 0 S5: 1 S6: 2	S7: 0 S8: 2 S9: 0	S10: 2 S11: 2
Task 3 Capitolo 2	S1:0 S2:3 S3:3 SN:0	S4: 1 S5: 1 S6: 1	S7: 2 S8: 3 S9: 3	S10: 3 S11: 2

I dati presenti in tabella, sono rappresentati graficamente nel seguente grafico a barre (Figura 59):

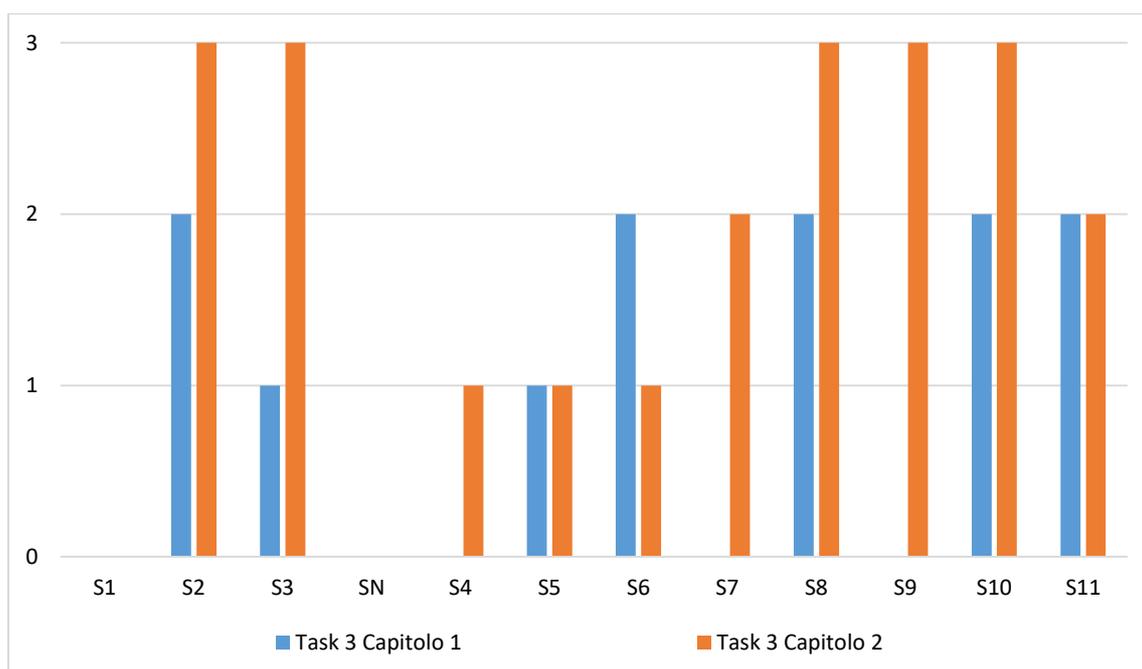


Figura 59: Livelli di argomentazione per ciascuno studente nel task 3 Capitolo 2

Dal grafico è evidente un miglioramento significativo del livello di argomentazione nel passaggio dal task 3 del Capitolo 1 (fase argomentativa libera che anticipa il confronto all'interno del gruppo, la produzione di una risposta condivisa e la

costruzione della risposta argomentata con le tessere) al task 3 del Capitolo 2 (fase argomentativa libera, ma dopo la fruizione dell'intero script) in quasi tutti gli studenti. Esaminiamo la risposta di SN al task 3 del Capitolo 2:

$$16:40=x:360$$

Egli riporta semplicemente la proporzione che ha utilizzato per risolvere il problema, senza nessuna argomentazione, perciò valutata di livello 0. Questo avvalorava il fatto che gli studenti mediamente non sono abituati ad argomentare, anche quando è esplicitamente richiesto nella domanda: infatti SN si comporta come molti studenti alla prima richiesta dello stesso tipo (task 3 del Capitolo 1).

Andiamo ad analizzare le risposte degli altri studenti del gruppo 1 (Tabella 16):

Tabella 16: Protocolli del gruppo 1 nel task 3 del Capitolo 2

S#	Protocollo	Analisi
S1	<i>16:40=x:360 l'angolo misurerà 144°. I dati raccolti erano 40. Si deve applicare la proporzione 16:40=x:40, il risultato sarà 144.</i>	Non ci sono marcatori di coesione. Tuttavia c'è un tentativo di spiegazione.
S2	<i>I kg raccolti erano 40. Bisogna fare la proporzione 16:40=x:360. Facendo (16x360):40=144 Per rappresentare i 16 kg della roccia marrone su un totale di 40, sull'areogramma, è necessario fare la proporzione che verifica la sua percentuale. 16:40=x:100. Facendo (16:40)x100 si ottiene la percentuale. Per ottenere i gradi, la proporzione avviene tra i kg delle rocce (quindi roccia marrone e roccia totale) e</i>	Argomentazione esplicita: lo studente spiega il senso della proporzione impostata (seconda parte del testo). Diversi marcatori di coesione: ripetizioni lessicali ("proporzione", "percentuale", "roccia", "totale"), ellissi proprie ("totale di 40" omettendo Kg di roccia, "totale" omettendo dei gradi), riferimenti ("la sua percentuale" intendendo di roccia marrone, "i gradi" che appare per la prima volta

	<p><i>un'incognita che sta al totale (ossia 360). Il risultato è 144.</i></p> <p><i>S3 Analizziamo ogni singolo dato. Ho preso 16 kg che sono quelli delle rocce marroni. So che il totale dei kg delle rocce raccolte nel mese di febbraio sono 40 quindi 16 sta a 40 poi il problema ci chiede di trovare l'angolo che chiameremo x su un totale di 360° che sono i gradi massimi.</i></p> <p><i>quindi x sta a 360</i></p> <p><i>confrontiamo queste due ipotesi in una proporzione</i></p> <p><i>16:40=x:360 ovvero 16 sta a 40 come x sta a 360</i></p> <p><i>risolvendo questa sappiamo che l'angolo misura 144°</i></p>	<p>e si riferisce all'ampiezza dell'angolo presente nella domanda)</p> <p>Argomentazione esplicita: lo studente spiega come sia arrivato ad impostare la proporzione. Diversi marcatori di coesione: ripetizioni lessicali ("rocce", "16", "40"), ellissi proprie ("totale di" 40" omettendo Kg di roccia, "totale" omettendo dei gradi), riferimenti ("rocce marroni", "angolo", che appaiono per la prima volta e sono presenti nella domanda, "x" che si riferisce all'angolo, "questa" che si riferisce alla proporzione), congiunzioni esterne ("quindi", "ovvero") congiunzioni interne ("poi", che scansiona temporalmente il suo ragionamento).</p>
SN	16:40=x:360	Nessuna argomentazione

Se andiamo a confrontare le argomentazioni della Tabella 11 con quelle sopra riportate (Tabella 16), possiamo vedere che gli studenti sono passati da argomentazioni quasi inesistenti ad argomentazioni esplicite con testi coerenti e coesi, ricchi di marcatori. Osserviamo che non forniscono solo il risultato, come nel Capitolo 1, né si limitano a descrivere algebricamente quello che hanno fatto, ma spiegano le motivazioni dei passaggi risolutivi man mano effettuati, mettendoli in relazione con i dati del problema e con la domanda posta.

Osserviamo inoltre che, rispetto al Capitolo 1 di Programma Discovery, si vede un passaggio di focus dal cercare una risposta alla produzione di spiegazioni ed argomentazioni verbali, che testimonia un primo passo di interiorizzazione dello script. Ciò è ancor più evidente analizzando la chat del gruppo 1 (Tabella 17), nella quale è chiara la ricerca della motivazione:

Tabella 17: Chat del gruppo 1 relativa al Capitolo 2

1	09:10 S3: <i>leggi leggi</i>
2	09:11 S2: <i>leggete pure voi, però</i>
3	09:15 S1: <i>muovete l'areogramma</i>
4	09:16 S3: <i>non possiamo muovere a CASO!</i>
5	09:17 S2: <i>il rosso rappresenta il 20%</i>
6	09:17 S3: <i>perchè 20?</i>
7	09:18 S2: <i>perchè 72 per 100 diviso 360 fa 20</i>
8	09:18 S2: <i>è una proporzione</i>
9	09:19 S2: <i>pensateci pure voi</i>
10	09:21 S3: <i>allora partiamo dall'inizio</i>
11	09:21 S3: <i>cosa sappiamo</i>
12	09:21 S2: <i>allora fatemi pensare statv zitt</i>
13	09:21 S1: <i>sisì</i>
14	09:21 S1: <i>fai fai</i>
15	09:24 S3: <i>sappiamo che a febbraio abbiamo 16 kg di roccia marrone</i>
16	09:24 S2: <i>sì, ma nell'istogramma non va messo 16</i>
17	09:24 S3: <i>ma non sappiamo anche se hanno trovato altre rocce a febbraio</i>
18	09:25 S1: <i>molto chiaro quindi</i>
19	09:26 S3: <i>16 su 100</i>
20	09:26 S3: <i>dobbiamo trasformare il numero</i>
21	09:27 S3: <i>in una percentuale</i>
22	09:27 S3: <i>successivamente</i>
23	09:27 S3: <i>in angolo</i>
24	09:29 S2: <i>semmai 16 su 60</i>
25	09:29 S1: <i>infatti</i>
26	09:30 S2: <i>no aspe</i>

mancanti (riga 17). Le righe 2 e 9 mostrano un richiamo al fatto che il lavoro è di gruppo e, quindi, alla necessità che ciascuno contribuisca senza delegare ad uno solo. La riga 4 mostra una consapevolezza dell'importanza di azioni ragionate, accentuata dall'uso del maiuscolo. Questa necessità dello spiegare azioni e risultati diventa il filo conduttore dell'intera conversazione: osserviamo la presenza di parole chiave come "perché", "fatemi pensare", "ragiono", "spiegate" (righe 6, 12, 29, 32). In questa direzione va la richiesta di S3 di capire il procedimento (riga 48, 52, 53) e non semplicemente la risposta (righe 50, 51). Ancor più interessante è la replica di S2 che sottolinea come il procedimento richiesto da S3 non sia interpretato come semplice susseguirsi di conti e operazioni, ma come discorso che necessita un processo mentale di organizzazione a livello sia metacognitivo che comunicativo. Come conseguenza del ragionamento possiamo osservare l'emergere di una strategia risolutiva da parte di S3 (righe 20-23), che viene poi trasformata nell'argomentazione che lo studente fornisce al task 3 (cfr. Tabella 17).

Dall'analisi fatta sembra emergere un primo passo di interiorizzazione dello script. In particolare:

- i task sociali sembrano aver favorito l'interazione all'interno del gruppo e la produzione di argomentazioni; ciò è ancor più evidente nello script Capitolo 2, nel quale il problema matematico, più complesso, ha spinto gli studenti verso un continuo confronto alla ricerca della soluzione;
- il task 6 del Capitolo 1, da una parte sembra aver guidato lo studente nella costruzione di argomentazioni coese e, dall'altro, sembra aver spinto ad una riflessione su concetti matematici, ponendo gli studenti di fronte a riflessioni che hanno favorito l'apprendimento.

7 Conclusioni

In questo lavoro di tesi abbiamo definito una metodologia generale, in ambiente di e-learning, chiamata DIST-M (Digital Interactive Storytelling in Matematica), per supportare l'apprendimento della matematica basato sulle competenze. Abbiamo applicato tale metodologia per mediare la competenza argomentativa in matematica, progettando e implementando script collaborativi in ambiente supportato dal computer, volti a favorire la produzione di argomentazioni verbali a supporto della soluzione, in un registro evoluto, tipico della comunicazione scientifica. Abbiamo riportato i risultati di due sperimentazioni, uno studio pilota ed uno studio principale, e discusso tali risultati da un punto di vista linguistico. L'analisi dei protocolli ha mostrato un miglioramento, lungo la fruizione del DIST-M, del livello di qualità delle argomentazioni prodotte dagli studenti. Tale miglioramento sembra essere conseguenza sia delle componenti sociali degli script sia del task squisitamente argomentativo (cfr. Domanda Semiaperta Interattiva). Più precisamente, le componenti sociali, che richiedono di negoziare consegne condivise da parte di tutti i membri del gruppo, spingono gli studenti a produrre argomentazioni e contro-argomentazioni a supporto della risposta a un quesito posto e risultano, quindi, essenziali in attività volte a favorire competenze comunicative ed argomentative. Dall'altro lato, il task argomentativo, che supporta la costruzione di una frase in un registro colto, favorisce la produzione di argomentazioni coese da un punto di vista linguistico e spinge gli studenti ad approfondire concetti e contenuti matematici.

Questi risultati ci incoraggiano nel promuovere l'uso di script collaborativi nella pratica scolastica e ad indagare ulteriormente sul legame stretto che c'è tra la produzione di argomentazioni formalmente corrette e la produzione di testi linguisticamente coesi.

Bibliografia

- Albano, G., Dello Iacono, U., & Mariotti, M. (2016). Argumentation in mathematics: mediation by means of digital interactive storytelling. *Form@Re - Open Journal Per La Formazione In Rete*, 16(1), 105-115. doi:10.13128/formare-17947.
- Albano, G., Dello Iacono, U., Fiorentino, G. (2016). An online Vygotskian learning activity model in mathematics. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 12(3).
- Albano, G. & Pierri, A. (2014). Digital storytelling for improving mathematical literacy. In S. Carreira, N. Amado, K. Jones & H. Jacinto (Eds), *Proceedings of the Problem@Web international conference: technology, creativity and affect in mathematical problem solving* (pp. 23–34). Faro: Universidade do Algarve.
- Andriessen, J. E. B., Baker, M., & Suthers, D. (Eds.). (2003). *Arguing to learn. Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments*. Dordrecht: Kluwer.
- Arsac, G., Germain, G., & Mante, M. (1991). *Problème ouvert et situation-problème*. Université Claude Bernard Lyon I.
- Arteaga P., Batanero C., Contreras J.M., Cañadas G.R. (2012). *Understanding Statistical Graphs: A Research Survey*. Boletín de Estadística e Investigación Operativa, Vol. 28, No. 3, pp. 261-277.
- Arzarello, F. (2014). A new structural approach to argumentation in mathematics: from Toulmin model to Hintikka logic of inquiry. *Workshop Mathematics education as a transversal discipline*. Torino.
- Balacheff, N. (1988). Une étude de processus de preuve en mathématiques chez élèves de Collège. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université Joseph Fourier, Grenoble I.

- Baker, A., & Greene, E. (1987). *Storytelling: Art and technique*. New York, NY: R.R. Bowker Company.
- Baker, M. (2003). Computer-mediated argumentative interactions for the co-elaboration of scientific notions. In J. Andriessen, M. Baker, & D. Suthers (Eds.), *Arguing to learn: confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments* (Vol. 1, pp. 1-25). Dordrecht: Kluwer.
- Baldacci, M. (2005). *Personalizzazione o individualizzazione?*. Edizioni Erickson.
- Bell, P. (2004). Promoting students' argument construction and collaborative debate in the classroom. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 114-144). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Bloom, B. S. (1979). *Caratteristiche umane e apprendimento scolastico*. Roma: Armando.
- Boero, P., Garuti, R., & Mariotti, M. (1996). «Some dynamic mental processes underlying producing and proving conjectures». In L. Puig, & A. Gutiérrez (A cura di), *Proceedings of the 20th PME International Conference*, 2, p. 121-128.
- Botturi, L., Bramani, C., & Corbino, S. (2012). Finding Your Voice Through Digital Storytelling. *TechTrends*, 56(3), 10–11. doi:10.1007/s11528-012-0569-1.
- Britton, B. K., Van Dusen, L., Glynn, S. M., & Hemphill, D. (1990). The impact of inferences on instructional text. In A. C. Graesser & G. H. Bower (Eds.), *Inferences and text comprehension* (pp. 53-87). San Diego: Academic Press.
- Bruner, J. S. (1986). *Actual Minds, Possible Worlds*. Cambridge, MA – London: Harvard University Press.

- Burmark, L. (2004). Visual Presentations That Prompt, Flash & Transform Here are some great ways to have more visually interesting class sessions. *Media and methods*, 40, 4-5.
- Burrell, A. (1926/1971). *A guide to story telling*. Ann Arbor, MI: Grypton Books.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-181.
- Claparède, E. (1953). *L'école sur mesure (1920)*. Neuchâtel-Paris, Delachaux & Niestlé.
- Cobb, P. (1988). The tensions between theories of learning and instruction in mathematics education. *Educational Psychologist*, 23, 78-103.
- Cohen, E. G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64(1), 1-35.
- Condy, J., Chigona, A., Gachago, D., & Ivala, E. (2012). Pre-service students' perceptions and experiences of digital storytelling in diverse classrooms. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11(3).
- Dansereau, D. F. (1988). Cooperative learning strategies. In C. E. Weinstein, E. T. Goetz, & P. A. Alexander (Eds.), *Learning and study strategies: Issues in assessment, instruction, and evaluation* (pp. 103-120). New York: Academic Press.
- Dello Iacono, U. (2015). Un modello di attività vygotskijana integrando Moodle e GeoGebra. Rui M., Messina L., Minerva T. (Eds.), *Teach Different! Proc. of Multiconferenza EMEMITALIA2015*, Genova University Press, pp. 243-246
- Dönmez, P., Rosé, C. P., Stegmann, K., Weinberger, A. & Fischer, F. (2005). Supporting CSCL with automatic corpus analysis technology. In T.

Koschmann, D. Suthers & T. W. Chan (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Computer Supported Collaborative Learning - CSCL 2005* (pp. 125-134). Taipei, TW: Lawrence Erlbaum.

Duval, R. (1995). Quel cognitif retenir en didactique des mathématiques ? *Actes de l'Ecole d'été 1995*.

Duval, R. (1996). Argomentare, dimostrare, spiegare: continuità o rottura cognitiva? *La matematica e la sua didattica* , 130-152.

Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1), 103-131.

Ferrari, P.L. (2004). Mathematical Language and Advanced Mathematics Learning. In Johnsen Høines, M. & Berit F., A. (Eds.), *Proc. of the PME 28* (2, pp. 383-390). Bergen (N).

Gardner, H. (1987). *Formae mentis: saggio sulla pluralità dell'intelligenza*. Feltrinelli.

Garuti, R., Boero, P., Lemut, E., & Mariotti, M. (1996). Challenging the traditional school approach to theorems: A hypothesis about the cognitive unity of theorems. In L. Meira, & D. Carraher (A cura di), *Proceedings of the 19th PME International Conference*, 2, p. 113-120.

Garuti, R., Boero, P., & Lemut, E. (1998). Cognitive Unity of Theorems and Difficulty of Proof. In A. Olivier, & K. Newstead (A cura di), *Proceedings of the 22th PME International Conference*, 2, p. 345-352

Guidoni, P., Mellone, M., & Minichini, C., (2013). Narrative context and paradigmatic tools: a tale for counting. *Proceedings of CERME8*.

Halliday, M.A.K.: 1985, *An introduction to functional grammar*, London: Arnold.

Halliday, M. A., & Hasan, R. (1976). *Cohesion in English*. Longman. London.

- Hanna, G. (1990). Some pedagogical aspects of proof. *Interchange*, 21(1), 6-13.
- Haven, K. (2000). *Super simple storytelling: A can-do guide for every classroom, every day*. Englewood, CO: Teacher Ideas Press.
- Hersh, R. (1993). Proving is convincing and explaining. *Educational Studies in Mathematics*, 24(4), 389-399.
- Istenic Starčič, A., Cotic, M., Solomonides, I., & Volk, M. (2016). Engaging preservice primary and preprimary school teachers in digital storytelling for the teaching and learning of mathematics. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 29-50.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (2002). Social interdependence theory and university instruction - Theory into practice. *Swiss Journal of Psychology*, 61(3), 119-129.
- King, A. (1989). Effects of self-questioning training on college students' comprehension of lectures. *Contemporary Educational Psychology*, 14, 1-16.
- King, A., & Rosenshine, B. (1993). Effects of guided cooperative questioning on children's knowledge construction. *Journal of Experimental Education*, 61, 127-148.
- King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 30, 338-368.
- King, A. (1997). ASK to THINK - TEL WHY®®: A model of transactive peer tutoring for scaffolding higher-level complex learning, in *Educational Psychologist*, 32(4), 221-235.

- King, A. (2007). Scripting collaborative learning processes: A cognitive perspective. In: F. Fischer, I. Kollar, H. Mandl, & J. Haake (eds.), *Scripting computer-supported collaborative learning: Cognitive, computational and educational perspectives* (pp. 13-37). New York: Springer.
- Kollar, I., Fischer, F. & Hesse, F. W. (2006). Collaboration scripts – a conceptual analysis. *Educational Psychology Review*, 18(2), 159-185.
- Kolodner, J. (2007). The roles of scripts in promoting collaborative discourse in learning by design. In F. Fischer, H. Mandl, J. Haake & I. Kollar (Eds.), *Scripting computer-supported communication of knowledge - cognitive, computational and educational perspectives* (pp. 237-262). New York: Springer.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. New York: Cambridge University Press.
- Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M. (1997). Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning. *Cognition and Instruction*, 15, 287-315.
- Laurillard, D. (2013). *Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.
- Leitão, S. (2000). The potential of argument in knowledge building. *Human Development*, 43, 332-360.
- Mandl, H., Gruber, H., & Renkl, A. (1996). *Communities of practice toward expertise: Social foundation of university instruction*. In P. B. Baltes & U. Staudinger (Eds.), *Interactive minds. Life-span perspectives on the social foundation of cognition* (pp. 394-411). Cambridge, MA: Cambridge University Press.

- Marrone, G. (2005). *Il fumetto fra pedagogia e racconto. Manuale di didattica dei comics a scuola e in biblioteca* (Vol. 5). Tunué.
- Mariotti, M. (2015). Spiegare, argomentare e dimostrare: un nodo dell'educazione matematica. *Atti di convegno "La didattica della matematica, disciplina per l'apprendimento"*, Castel San Pietro, 2015.
- Mariotti, M., Bartolini Bussi, M., Boero, P., Ferri, F., & Garuti, R. (1997). Approaching Geometry theorems in contexts: from history and epistemology to cognition. *Proceedings of the 21st PME Conference* , 1, p. 180-195.
- Marttunen, M., & Laurinen, L. (2001). Learning of argumentation skills in networked and face-to-face environments. *Instructional Science*, 29, 127-153.
- Mopondi, B. (1995). Les explications en class de mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques* , 7-52.
- Mugny, G., & Doise, W. (1978). Socio-cognitive conflict and the structure of individual and collective performances. *European Journal of Social Psychology*, 8, 181-192.
- Nixon, S. A. (2009). Mediating social thought through digital storytelling. *Pedagogies: An International Journal*, 4(1), 63-76.
- Ohler, J. (2007). *Telling your story: A handbook for putting the story into digital (and traditional) storytelling*. Juneau, AK: Brinton Books.
- Pea, R. D. (1994). Seeing what we build together: Distributed multimedia learning environments for transformative communications. Special Issue: Computer support for collaborative learning. *Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 285-299.

- Pedemonte, B. (2002). Etude didactique et cognitive des rapports de l'argumentation et de la démonstration en mathématiques. *These de Doctorat*. Grenoble I: Université Joseph Fourier.
- Pedemonte, B. (2007). How can the relationship between argumentation and proof be analysed? *Educational Studies in Mathematics* (66), 23-41.
- Pedemonte, B. (2008). Argumentation and algebraic proof. *ZDM*, 40(3), 385-400.
- Pellowsky, A. (1977). *The world of storytelling*. New York, NY: R.R. Bowker Company.
- Petrucco, C., Mattioli, M., Loi, O. (2010). Una esperienza di Digital Storytelling sulla didattica della matematica. *Atti di convegno Didamatica*.
- Pompili, R. (2015). *Spiegazione e dimostrazione nella pratica scolastica*. Tesi di dottorato. Dottorato di Ricerca in "Storia e Didattica delle Matematiche, della Fisica e della Chimica", XXIV Ciclo – Università di Palermo.
- Ravanelli, F. (2012). Un'esperienza di matematica e digital storytelling nella scuola primaria. *Bricks*. Anno 2, n.4.
- Rav, Y. (1999). Why do we prove theorems? *Philosophia Mathematica* 7(3), 5–41.
- Renkl, A. (1997). *Lernen durch Lehren - Zentrale Wirkmechanismen beim kooperativen Lernen [Learning through teaching - central mechanisms in cooperative learning]*. Wiesbaden:Deutscher Universitäts-Verlag.
- Robin, B. (2008). The effective uses of digital storytelling as a teaching and learning tool. *Handbook of Research on Teaching Literacy through the Communicative and Visual Arts, Vol. 2*, (pp. 429-440). Lawrence Erlbaum Associates, New York, NY.

- Roschelle, J. (1992). Learning by collaboration: Convergent conceptual change. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 235-276.
- Rogoff, B. (1990). Apprenticeship in thinking: *Cognitive development in social context*. New York: Oxford University Press.
- Salomon, G. & Perkins, D. N. (1998). Individual and social aspects of learning. *Review of Research in Education*, 23, 1-24.
- Sannino, A. (2015). The principle of double stimulation: A path to volitional action. *Learning, Culture and Social Interaction*, 6, 1-15.
- Schank, R. C. & Abelson, R. P. (1977). *Scripts, plans, goals and understandings*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schank, R. C. (1990). *Tell me a story: A new look at real and artificial memory*. Charles Scribner's Sons.
- Schwarz, B. B., Neuman, Y., Gil, J. & Ilya, M. (2003). Construction of collective and individual knowledge in argumentative activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(2), 219-256.
- Sfard, A. (2001). Learning mathematics as developing a discourse. In *Proceedings of 21st Conference of PME-NA* (pp. 23-44). Columbus, OH: Clearing House for Science, mathematics, and Environmental Education.
- Sfard, A. (2015). Why All This Talk About Talking Classrooms? Theorizing the Relation Between Talking and Learning. *Socializing intelligence through academic talk and dialogue*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Thompson, G. (1996). *Introducing functional grammar*. London: Routledge.

- Toulmin, S. E. (1993). *The use of arguments*. Cambridge: Cambridge University Press (French translation De Brabanter P. (1958). *Les usages de l'argumentation*, Presse Universitaire de France).
- Turner, R., Adams, R.J. (2012). Some drivers of test item difficulty in mathematics: an analysis of the competency rubric. *Paper presented at AERA Annual Meeting*, April 2012, Vancouver, Canada.
- Vedder, P. (1985). *Cooperative learning: A study on processes and effects of cooperation between primary school children*. Gronigen, The Netherlands: University of Gronigen.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language*. Translation newly revised and edited by Alex Kozulin. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Webb, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-39.
- Webb, N., Ender, P., & Lewis, S. (1986). Problem solving strategies and group processes in small group learning computer programming. *American Educational Research Journal*, 25,243-251.
- Webb, N. M., & Palincsar, A. S. (1996). Group processes in the classroom. In D. C. Berliner & R. C. Cafree (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 841-873). New York:Simon & Shuster Macmillan.
- Weinberger, A., Fischer, F., & Mandl, H. (2002). Fostering computer-supported collaboration with cooperation scripts and scaffolds. In G. Stahl (Ed.), *Computer support for collaborative learning: Foundations of a CSCL community* (pp. 573-574). Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Weinberger, A. (2003). Scripts for computer-supported collaborative learning. Effects of social and epistemic collaboration scripts on collaborative knowledge construction. Doctoral thesis. Ludwig-Maximilian University, Munich.
- Weinberger, A., Stegmann, K., Fischer, F., & Mandl, H. (2007). Scripting argumentative knowledge construction in computer-supported learning environments. In *Scripting computer-supported collaborative learning* (pp. 191-211). Springer US.
- Weinberger, A., Kollar, I., Dimitriadis, Y., Mäkitalo-Siegl, K., & Fischer, F. (2009). Computer-supported collaboration scripts. In *Technology-enhanced learning* (pp. 155-173). Springer Netherlands.
- Wright, L. (1995). Argument and deliberation: A plea for understanding. *Journal of Philosophy*, 92, 565-585.
- Zan, R. (2011). The crucial role of narrative thought in understanding story problem. In Kislenco K. (Ed.) Current state of research on mathematical beliefs, *Proceedings of the 16th MAVI (Mathematical Views) Conference* (pp. 331-348). Tallinn.
- Zan, R. (2012). La dimensione narrativa di un problema: il modello C&D per l'analisi e la (ri)formulazione del testo. Parte I. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*. Vol.35 A N.2 marzo 2012.
- Zan, R. (2012). La dimensione narrativa di un problema: il modello C&D per l'analisi e la (ri)formulazione del testo. Parte II. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*. Vol.35 A N.4 settembre 2012.
- Zan R. (2007). La comprensione del problema scolastico da parte degli allievi: alcune riflessioni. *L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate*, vol.30, A-B, n.6, pp.741-762.

Zan, R., & Di Martino, P. (2007). Attitude toward mathematics. Overcoming the Positive/Negative Dichotomy. *The Montana Mathematics Enthusiast*, Monograph 3, pp.157-168.

Zazkis, R., & Liljedahl, P. (2009). *Teaching mathematics as storytelling*. Rotterdam/Taipei: Sense publishers.