

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA

in convenzione con

I.N.D.I.R.E.

Istituto Nazionale Documentazione Innovazione Ricerca Educativa

Corso di Dottorato di Ricerca in Matematica

XXXIII Ciclo

TESI DI DOTTORATO IN DIDATTICA DELLA MATEMATICA

*La Stampante 3D come mediatore semiotico per l'apprendimento
della competenza geometrica nella scuola dell'Infanzia*

Coordinatore

Prof. Francesco Saverio Tortoriello



Candidata

Dott.ssa Antonietta Esposito



Anno Accademico 2020/2021

*A mio Padre,
per sempre la mia stella polare*

RINGRAZIAMENTI

Prima di presentare il mio lavoro di ricerca, momento di sintesi finale di questi tre anni di dottorato, vorrei ringraziare tutte le persone che mi hanno accompagnato durante questo percorso e senza le quali nulla sarebbe stato possibile.

In primis vorrei ringraziare il mio coordinatore scientifico prof. Francesco Saverio Tortoriello, per la sua infinita disponibilità, il suo prezioso contributo scientifico, per tutto il tempo che mi ha dedicato e per avermi supportata anche nei momenti in cui ho dovuto prendere decisioni importanti e difficili.

Ringrazio tutto il gruppo di ricerca in didattica della Matematica con cui ho condiviso questa bella esperienza. Un ringraziamento particolare va a Roberto Capone e Maria Pina Adesso, che durante questi anni mi hanno sempre incoraggiata e sostenuta nell'attività di ricerca.

Ringrazio tutti i bambini che hanno partecipato con gioia alle varie fasi della ricerca, le due Dirigenti Scolastiche dei due Istituti Comprensivi coinvolti nella sperimentazione, Maria Grazia Gervilli e Maristella Fulgione, per aver consentito la realizzazione della sperimentazione e a tutte le maestre per avermi accolta con gentilezza e cordialità nelle loro sezioni e per essere state sempre pronte ad ogni forma di collaborazione e sostegno alle iniziative proposte. Un grazie di cuore va alla maestra Maria de Filippo, che ha iniziato con me quest'avventura di sperimentazione della stampante 3D standomi sempre vicina e supportandomi, con la sua disponibilità, in ogni momento della sperimentazione; alla mia collega Nella Lancellotti per il sostegno morale nei momenti di difficoltà, all'amico Rosario Barone per le indicazioni che mi ha dato nell'analisi statistica dei dati e ai ricercatori INDIRE: Maeca Garzia, Jose Mangione, Marco Ceres, Andrea De Paoli e Jessica Niewint per aver condiviso questa esperienza.

Infine, ma non ultimo un ringraziamento speciale va alla mia famiglia: a mio padre che avrebbe vissuto con orgoglio questo mio importante traguardo, a mia madre, a mia figlia e al mio compagno che avendomi

sempre incoraggiata e supportata, con il loro amore mi hanno permesso di raggiungere questo importante risultato.

RICONOSCIMENTI

La ricerca è sostenuta con le risorse dei fondi del Programma Operativo Nazionale “Per la Scuola – Competenze e Ambienti per l’apprendimento” – Asse I – Obiettivo Specifico 10.8 – Azione 10.8.4 – Progetto “Didattica laboratoriale multidisciplinare” – Codice 10.8.4.A2-FSEPONINDIRE-2017-1. (Appendice 2)

Sommario

1.	Introduzione	7
2.	Il Quadro Teorico.....	9
2.1.	La geometria nella scuola dell'Infanzia.....	9
2.1.1.	<i>L'evoluzione del pensiero geometrico</i>	11
2.2.	Artefatti e Strumenti	13
2.3.	Vygotskij e la mediazione semiotica	15
3.	Domande e Ipotesi di Ricerca.....	17
3.1.	Le Domande	17
3.2.	Le Ipotesi	17
4.	La Metodologia di Ricerca	20
5.	Le Fasi della ricerca	23
5.1.	Lo sfondo integratore e il percorso didattico	23
5.2.	I test	24
5.2.1.	<i>Test di Classificazione dei Solidi</i>	25
5.2.2.	<i>TPV – Test visuo-percettivo</i>	26
5.2.3.	<i>DRT – Diagrammatic Test</i>	27
5.2.4.	<i>Cross Test – Test di sezionamento</i>	28
5.3.	Attività didattiche propedeutiche all'utilizzo di strumenti CAD.....	29
5.4.	La sperimentazione in classe	30
6.	La Sperimentazione in classe.....	31
6.1.	Il Campione di Riferimento	31
6.2.	Le fasi della sperimentazione	32
6.2.1.	<i>La somministrazione dei test</i>	32
	<i>Test di Classificazione dei Solidi</i>	33
	<i>TPV – Test visuo-percettivo</i>	34
	<i>DRT – Diagrammatic Test</i>	34
	<i>Cross Test – Test di sezionamento</i>	36
6.2.2.	<i>Il percorso didattico e la realizzazione del prodotto finale</i>	37

<i>Lettura della storia e rappresentazione grafica</i>	38
<i>Conosciamo le forme</i>	38
<i>La scatola magica</i>	40
<i>Combiniamo le forme</i>	41
<i>Dal 3D al 2D</i>	42
<i>Il foglio quadrettato e l'ambiente SugarCAD</i>	43
<i>Realizziamo il personaggio</i>	44
<i>La stampa 3D</i>	45
7. Risultati della Ricerca	48
7.1. Test di Classificazione	48
7.2. TPV – Test visuo-percettivo	49
7.3. DRT – Diagrammatic Test.....	50
7.4. Cross Test – Test di sezionamento.....	52
8. Risposte alle Domande di Ricerca	54
9. Conclusioni	55
9.1. Limiti della ricerca.....	55
9.2. Possibili sviluppi futuri.....	56
10. Bibliografia	57
11. Appendice 1: Il setting tecnologico	61
12. Appendice 2: Il progetto di ricerca “Didattica laboratoriale multidisciplinare”	66

1. Introduzione

Il lavoro di ricerca qui presentato è la sintesi di una lunga sperimentazione svolta in convenzione con l'INDIRE – Istituto Nazionale di Documentazione, Innovazione e Ricerca Educativa, sull'introduzione e l'utilizzo didattico della stampante 3D nella scuola dell'Infanzia, realizzato grazie ai fondi del PON “Didattica laboratoriale multidisciplinare” – Obiettivo Specifico 10.8 - Azione 10.8.4 – Codice progetto 10.8.4.A2-FSEPON-INDIRE-2017-1¹.

Nel 2014, l'INDIRE, con il progetto di ricerca “*Maker@Scuola: Nuove Tecnologie per la Didattica*”² istituisce un osservatorio di monitoraggio delle più interessanti esperienze in ambito educativo legate al movimento dei “*Maker*”. In tale contesto, dal 2014 al 2016 l'ente di ricerca ha realizzato il progetto “*Costruire Giocattoli con la Stampante 3D*”³, una ricerca basata sull'osservazione delle attività dei bambini di otto scuole dell'infanzia tra cui l'Istituto Comprensivo di San Valentino Torio in cui io insegnavo.

Il progetto, rivolto ai bambini dell'ultimo anno della scuola dell'Infanzia, consisteva nello sperimentare l'utilizzo di una stampante 3D nella pratica didattica quotidiana attraverso lo svolgimento di specifici compiti ed utilizzando un software di modellazione grafica 3D.

L'introduzione della modellazione CAD (Computer Aided Design) con la stampa in 3D richiede, rispetto alle tradizionali attività manipolative con la plastilina, un'attenzione particolare già a partire dalla progettazione. Se

¹ <https://www.indire.it/progetto/didattica-laboratoriale-multidisciplinare-2/>

² <http://www.indire.it/progetto/maker-a-scuola/>;

³ <http://www.indire.it/progetto/costruire-giocattoli-con-la-stampante-3d/>

infatti, con la tradizionale plastilina il bambino può in itinere modificare la realizzazione dell'oggetto che ha in mente, spesso senza riflettere sull'errore commesso, con la stampa 3D l'oggetto, non più modificabile, diviene fonte di analisi e discussione dell'errore. Ma non solo, l'utilizzo di un software di grafica 3D in cui è presente un piano di lavoro su cui riportare figure solide da assemblare, consente di mettere il bambino nella condizione di individuare e riconoscere le invarianti delle forme geometriche, rafforzando le competenze di ingresso nella scuola primaria anche in termini di capacità di progettazione, attraverso un approccio per scoperta ([Garzia, Mangione & Esposito, 2019](#)): un vero e proprio percorso di potenziamento cognitivo.

Le riflessioni scaturite dalla sperimentazione pilota e un approfondimento sulle ricerche internazionali secondo cui i bambini già a partire dai 3-4 anni possiedono forti intuizioni geometriche ([Clements & Sarama, 2000](#)), che non sempre vengono valorizzate nella scuola dell'Infanzia e nei primi anni di quella Primaria ([Clements, 1999](#)), hanno condotto ad una nuova sperimentazione concentrando il focus della ricerca sulle abilità visuo-spaziali e le competenze geometriche.

È in questa cornice di riferimento che si inserisce il mio lavoro di ricerca, il cui obiettivo è verificare l'efficacia della stampante 3D come artefatto di mediazione semiotica per l'acquisizione di competenze geometriche nella scuola dell'Infanzia.

L'obiettivo è capire come è possibile l'inserimento dell'artefatto stampante 3D all'interno delle attività didattiche per costruire significati matematico-geometrici: non è, infatti, l'artefatto in sé a favorire un'evoluzione a livello cognitivo, ma l'uso che se ne fa. ([Bartolini Bussi & Maschietto, 2007](#)). Secondo [Bussi & Mariotti \(2008\)](#), infatti, lo stesso è uno strumento di mediazione semiotica quando è usato intenzionalmente dall'insegnante per mediare un contenuto matematico attraverso un intervento didattico pianificato intenzionalmente.

2. Il Quadro Teorico

Il quadro teorico alla base del presente lavoro di ricerca comprende sia le teorie di riferimento dell'insegnamento della geometria fin dalla scuola dell'Infanzia sia le teorie della mediazione semiotica secondo cui cruciale è il ruolo dell'insegnante, quale mediatore culturale nell'utilizzo degli artefatti come mezzi per realizzare un compito e come uno strumento di mediazione semiotica per raggiungere un obiettivo didattico.

2.1. La geometria nella scuola dell'Infanzia

Lo studio della geometria, iniziato nell'antichità come “misura della terra”, tramanda, come ben si sa, una lunga tradizione fortemente radicata nell'esperienza. Tuttavia, nonostante lo stretto rapporto tra geometria e mondo fisico e che nelle Indicazioni Nazionali (2012), in riferimento al campo di esperienza “*la conoscenza del mondo*”, si legge: “*I bambini esplorano continuamente la realtà e imparano a riflettere sulle proprie esperienze descrivendole, rappresentandole, riorganizzandole con diversi criteri. Pongono così le basi per la successiva elaborazione di concetti scientifici e matematici che verranno proposti nella scuola primaria [...]*”, ed in riferimento al nucleo fondante “*Numero e spazio*” si legge “*Sanno descrivere le forme di oggetti tridimensionali, riconoscendo le forme geometriche e individuandone le proprietà [...]*” si è assistito nel corso degli anni ad un abbandono sempre più evidente, da parte dei docenti, dell'insegnamento della geometria a ciascun livello scolastico.

Da un'analisi degli studi fatti in questa direzione, si è concluso che quando nel 1867 con la crisi dei fondamenti, Poincaré prima e Hilbert poi, procedero alla loro sistemazione in cui fondamentale diventa il problema della coerenza di un sistema formale, ritenendo che ufficialmente l'unico modello epistemologicamente adeguato per questa disciplina era quello euclideo che parte dal bidimensionale (2D) per poi passare al tridimensionale (3D), dato che il 2D richiede meno assiomi per essere

trattato rispetto al 3D, si tagliò definitivamente il legame tra geometria e realtà, ([Arrigo & Sbaragli](#), 2004). Ecco spiegato il perché la geometria scolastica sia basata quasi esclusivamente su definizioni centrate sul piano, che però risultano difficili da essere comprese dai bambini, soprattutto della fascia d'età scolare più bassa, per i quali, invece, la geometria 3D è più intuitiva essendo una lettura della realtà “visibile”, “tangibile” ed immediata. ([Arrigo & Sbaragli](#), 2004)

Soffermandosi ancora sulla scuola dell'Infanzia, se si osservano le attività geometriche che tradizionalmente vengono proposte dalle insegnanti di quest'ordine di scuola, si rilevano ancora oggi due grossi errori d'impostazione didattica derivanti dalla sistemazione epistemologica della geometria: sebbene inizialmente le insegnanti propongano ai bambini attività che vengono affrontate prima nel reale, facendo vivere loro l'esperienza con il proprio corpo, subito dopo richiedono di riprodurre l'attività sul piano, sottovalutando le notevoli difficoltà di rappresentazione (grafiche, manipolative, prospettive, ...) che una richiesta di questo tipo comporta. Inoltre, è ancora pratica diffusa tra le insegnanti far riconoscere ai bambini, fin dai 4 anni, le diverse figure geometriche piane: triangoli, quadrati, rettangoli, circonferenze, ecc... sottovalutando ancora una volta le difficoltà che possono incontrare i bambini ad astrarre: eliminare da un oggetto reale una dimensione (lo spessore).

Una cosa è, dunque, l'impostazione dei matematici e un'altra è quella didattica ([D'Amore](#), 1999). Rilevato che le riflessioni epistemologiche non possono essere trasposte nella didattica, sebbene la geometria dello spazio presenta, da un punto di vista adulto, maggiori difficoltà di sistemazione razionale rispetto alla geometria del piano, per l'apprendimento, la figura piana è certamente più sofisticata della solida, dato che tutto ciò che circonda il bambino è tridimensionale. Pertanto, risultano più “naturali”, per i bambini di scuola dell'infanzia e primaria, modelli ed attività che rientrano nella geometria 3D ([Cottino & Sbaragli](#), 2004), piuttosto che in quella 2D.

2.1.1. L'evoluzione del pensiero geometrico

L'evoluzione del pensiero geometrico, come detto, parte dalle prime esperienze spaziali del bambino, esclusivamente sensoriali. Pertanto, nei primi livelli scolastici la geometria deve essere rivolta ad organizzare l'esperienza visiva, tattile, motoria degli allievi, evidenziando solo alcune delle caratteristiche spaziali degli oggetti per poi essere organizzata negli anni successivi razionalmente in modo sempre più sistematico.

L'organizzazione geometrica va quindi didatticamente costruita, piuttosto che data all'allievo come prodotto già sistematico, e l'allievo deve essere in quest'organizzazione parte attiva e costruttiva. ([Sbaragli & Mammarella., 2010](#)).

I primi ad interessarsi dello sviluppo del pensiero geometrico nel bambino furono Piaget e Inhelder (1979), distinguendo nettamente lo spazio *percettivo*, percepito dal bambino attraverso l'attività senso-motoria dallo spazio *rappresentativo* relativo allo spazio che il bambino è in grado di rappresentarsi a livello intellettuale.

Secondo Piaget i bambini già dai 4 anni riescono a dare una corretta rappresentazione di tutti i rapporti topologici, mentre per una corretta rappresentazione dei rapporti spaziali euclidei e proiettivi devono arrivare al compimento degli 8-9 anni, quando hanno raggiunto un tipo di pensiero operatorio.

Una teoria alternativa a quella piagetiana riguardante lo sviluppo del pensiero geometrico è stata proposta da Pierre e Dina van Hiele ([van Hiele, 1986](#); [Crowley, 1987](#)), secondo i quali lo sviluppo del pensiero geometrico segue i seguenti livelli di sviluppo:

1. Ad un primo livello, *denominato livello visivo*, i bambini riconoscono le forme presentate loro a livello percettivo, ma non possono rappresentarle mentalmente, ovvero non sono in grado di creare delle immagini mentali delle forme geometriche. A questo livello, una figura è un rettangolo “perché è simile ad una porta”, non vi è, però, una comprensione delle proprietà delle figure.

2. Al secondo livello, *denominato descrittivo-analitico*, i bambini iniziano a riconoscere le figure in base alle loro proprietà. Le immagini perdono di importanza rispetto ai loro attributi, ma le proprietà non sono ancora ordinate, ed i bambini non sono ancora capaci di differenziarle in termini di definizioni e proposizioni, e non sono ancora in grado di spiegare le relazioni tra le varie figure geometriche. Ad esempio un quadrato non è ancora riconosciuto come un particolare rettangolo.
3. Il terzo livello è denominato delle *deduzioni informali o della geometria euclidea*. Il bambino comincia ad osservare le varie relazioni tra le figure dal punto di vista logico, ad esempio il quadrato è un caso particolare di rettangolo poiché soddisfa tutte le proprietà del rettangolo. Questo presuppone la conoscenza di una terminologia specifica appropriata e delle definizioni, così da poter riconoscere classi di figure e dedurne alcune proprietà. A questo livello, tuttavia, non vi è ancora una comprensione degli assiomi e delle dimostrazioni.
4. Al quarto livello, *deduttivo, o della logica formale*, i ragazzi cominciano ad essere in grado di distinguere formalmente tra una proposizione e la sua inversa, e possono capire le dimostrazioni, i postulati, gli assiomi ed i teoremi. Il pensiero si occupa del significato di deduzione, del reciproco di un teorema, della condizione necessaria e sufficiente.
5. L'ultimo livello, del *rigore geometrico*, consente agli studenti di apprendere la geometria non-euclidea e di confrontare diversi sistemi di assiomi. La geometria viene pertanto rappresentata in modo astratto. I Van Hiele non forniscono esempi o illustrazioni di questo livello che comunque considerano scolasticamente assai più raro ed eventualmente presente a livelli più alti di istruzione.

Sulla base di alcuni studi in ambito educativo, [Clements e Battista](#) (1992) hanno inserito un livello precedente a quello visivo, un **livello zero**, denominato di *pre-riconoscimento*, nel quale i bambini percepiscono le forme in modo corretto ma non sono in grado di classificarle o di riprodurle attraverso il disegno.

Inoltre, secondo i van Hiele:

- il passaggio da un livello al successivo avviene nell'ordine proposto dal modello. Per passare al livello successivo è indispensabile che lo studente abbia acquisito le strategie del livello precedente;
- i progressi da un livello al successivo dipendano non tanto dall'età ma dall'educazione fornita al bambino.

La maturazione che comporta il passaggio ad un livello superiore è un processo essenzialmente legato all'apprendimento e all'istruzione e non di ordine biologico. Pertanto, i metodi di insegnamento sono fondamentali: mentre alcuni favoriscono il passaggio ad un livello successivo, altri lo impediscono.

2.2. Artefatti e Strumenti

La relazione tra artefatto in sé e l'acquisizione di conoscenze che dal suo utilizzo ne consegue è da sempre stata intrinseca e perciò complessa da analizzare.

Secondo la teoria costruzionista, l'apprendimento è più efficace quando non solo è mentale, ma anche supportato da una costruzione reale, ovvero quando il soggetto che apprende è impegnato nella costruzione di un qualcosa di concreto e condivisibile. Il costruzionismo introduce quindi il concetto di "*artefatti cognitivi*" ovvero degli oggetti o dispositivi che, attraverso il loro utilizzo, facilitano l'apprendimento ([Papert, 1986](#))

D.A. Norman, nel libro "*Le cose che ci fanno intelligenti*" (1993), nel definire cosa sono gli artefatti, sosteneva che seppur essi sono qualsiasi tipo di "oggetto" materiale o simbolico (suoni, gesti, utensili, ...), prodotto dagli esseri umani, per riferirsi e dare senso a cose e concetti, permettono di andare oltre il livello pratico dando un grosso contributo anche a livello cognitivo; pertanto, egli, evidenziando questa caratteristica degli artefatti, definiti da lui "artefatti cognitivi", distingueva due aspetti principali che costituiscono un artefatto:

- un aspetto *pragmatico* o *esperienziale*, che permette al soggetto di modificare l'ambiente circostante (in questo caso si parla di *orientamento verso l'esterno*);

- un aspetto *riflessivo*, che consente a chi ne fa uso di sviluppare l'intelligenza (e in questo caso si parla di *orientamento verso l'interno*).

Nel 1979 Wartofsky classificò gli artefatti suddividendoli in tre categorie ([Wartofsky, 1979](#)):

- *gli artefatti primari*: oggetti materiali e immateriali direttamente usati nell'attività umana: ad esempio l'aratro, il martello, la penna ma anche il linguaggio. La stampante 3D quale oggetto in sé è un artefatto primario;
- *gli artefatti secondari*: le rappresentazioni mentali di quelli primari, in forma di schemi cognitivi, utilizzati per il mantenimento e la trasmissione di particolari competenze acquisite. Esempi: schemi e tecniche di calcolo;
- *gli artefatti terziari*: un sistema di regole formali che hanno perso ogni aspetto pratico legato allo strumento. Esempio: le teorie matematiche che soggiacciono al funzionamento delle macchine matematiche.

Negli ultimi decenni una nuova categoria di artefatti è divenuta rapidamente sempre più disponibile: *gli artefatti tecnologici*, di cui la stampante 3D ne è un esempio.

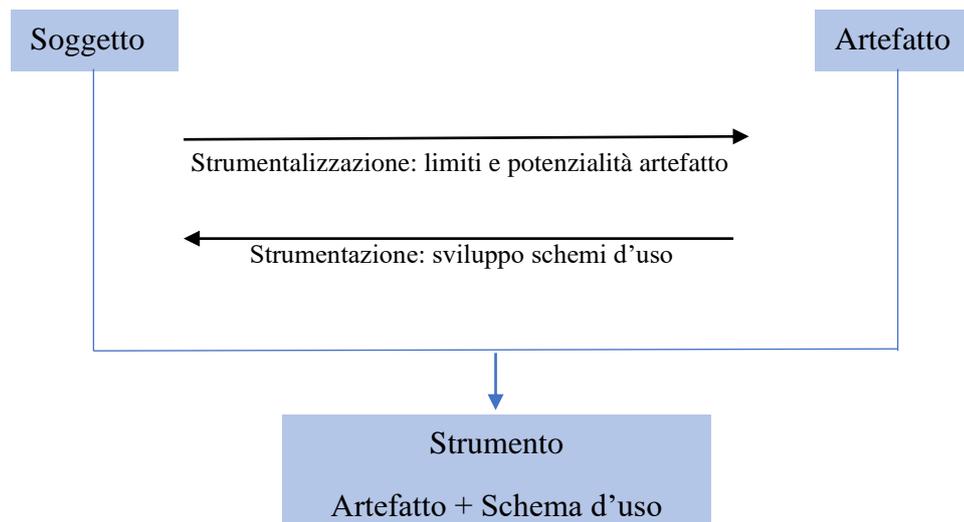
Il loro ingresso nella scuola ha, da un lato, spinto verso un aggiornamento dei curricoli scolastici con una maggiore attenzione verso l'acquisizione di competenze digitali e, dall'altro, ha richiamato l'attenzione dei ricercatori sulle relazioni tra gli studenti e i computer. Si è avuta così una notevole diffusione di studi caratterizzati da approcci strumentali ([Rabardel, 1995](#)), nei quali oggetto di studio è divenuto il contesto in cui ha luogo l'attività di apprendimento degli studenti. Rabardel basa i suoi studi sulla fondamentale differenza tra *artefatto* e *strumento*. Se l'"artefatto" è l'oggetto materiale o simbolico di per sé, lo "strumento" è il sistema costituito dall'artefatto (o parte di esso) e dagli schemi d'uso costruiti dall'individuo.

Rabardel denomina *genesi strumentale* il processo che consente il passaggio dall'artefatto allo strumento. Essa è articolata in due sotto-processi:

- *strumentalizzazione*, orientato dal soggetto verso l'artefatto (orientato verso l'esterno) al fine di renderlo utile ai propri scopi e

include tutte azioni volte a selezionare le diverse componenti dell'artefatto, nonché la progressiva ricognizione dei suoi potenziali e dei suoi limiti;

- **strumentazione**, orientato dall'artefatto verso il soggetto che tenta di acquisire i suoi schemi di uso (orientato verso l'interno).



2.3. Vygotskij e la mediazione semiotica

Per inquadrare la funzione cognitiva di uno strumento (anche tecnologico) appare utile il quadro di riferimento della teoria di Vygotskij ([Vygotskij, 1978](#)).

Il quadro vigotskiano è caratterizzato da tre costrutti fondamentali ([Bussi & Maschetto, 2007](#)):

- la zona di sviluppo prossimale;
- la internalizzazione o interiorizzazione, per la quale un ruolo cruciale giocano gli artefatti cognitivi;
- la mediazione semiotica

La zona di sviluppo prossimale (ZSP), che è una zona metaforica in cui si modella il processo di apprendimento, attraverso l'interazione sociale, è definita da Vygotskij come:

“la distanza tra il livello reale di sviluppo del soggetto determinato dalla capacità di risolvere da solo un problema e il livello di sviluppo potenziale determinato dalla capacità di risolvere il problema sotto la guida dell’adulto o in collaborazione con un suo coetaneo più capace ([Vygotskij, 1978](#)).

In accordo con questa teoria, dunque, lo sviluppo cognitivo è favorito dalla collaborazione e cooperazione tra individui che perseguono uno scopo comune.

Nella ZSP lo sviluppo cognitivo è modellato dal processo di *interiorizzazione*, un processo secondo cui un meccanismo esterno diviene interno. Quando un’azione esterna compiuta con l’aiuto di un adulto diventa interna allora può finalmente essere gestita autonomamente dall’allievo e diventa parte dello sviluppo individuale del soggetto. È in questo modo che avviene il passaggio graduale dal livello interpsicologico a quello intrapsichico.

All’interno di questo processo si possono distinguere due aspetti principali ([Bussi & Mariotti, 2009](#)):

- Il processo esterno è essenzialmente *sociale*;
- Il processo di interiorizzazione è diretto da *processi semiotici*

come conseguenza della sua natura sociale, il processo esterno possiede una dimensione comunicativa che implica la produzione e l’interpretazione dei segni. Per Vygotskij, dunque, i meccanismi semiotici, quali il linguaggio, i sistemi di conto, le tecniche mnemoniche, i prodotti artistici, la scrittura, i diagrammi, le mappe, ecc., mediano le funzioni sociali ed individuali, e connettono l’interno con l’esterno, ([Vygotskij, 1990](#)).

3. Domande e Ipotesi di Ricerca

La principale domanda di ricerca, oggetto di questa tesi e attorno a cui è ruotata tutto il lavoro di sperimentazione, è:

“Può la stampante 3D essere considerata un artefatto di mediazione semiotica per contribuire allo sviluppo della competenza geometrica sin dalla scuola dell'infanzia?”.

Per rispondere a questa domanda, si sono individuati alcuni ambiti della competenza geometrica: la classificazione, la rappresentazione e il sezionamento delle figure solide e si è investigato, attraverso strumenti d'indagine qualitativa e quantitativa, su quanto la stampante 3D possa mediare nell'apprendimento di tali specifiche competenze geometriche.

3.1. Le Domande

In riferimento agli ambiti individuati, si sono delineate le seguenti tre domande specifiche a cui si è cercato di dare risposta:

- D1. Quali criteri utilizzano in maniera spontanea i bambini di 5 anni per classificare figure 3D di forme e dimensioni diverse?
- D2. Per un bambino di 5 anni l'effetto di un'azione didattica che prevede l'utilizzo della stampante 3D può essere significativo per lo sviluppo della capacità di astrazione di informazioni da una rappresentazione di un solido per abbinarla ad un disegno che ne rappresenta solo le linee di contorno?
- D3. Per un bambino di 5 anni l'effetto di un'azione didattica che prevede l'utilizzo della stampante 3D può essere significativo o meno per il riconoscimento della sezione piana di un solido?

3.2. Le Ipotesi

- I1. In maniera spontanea i bambini possono utilizzare i criteri più svariati per classificare le forme geometriche: per dimensione, per forma, per colore, in base al numero delle facce, per la presenza di

elementi rettilinei e curvilinei, secondo criteri di fantasia, ecc... sebbene già intorno all'età di 4 anni il bambino è in grado di discriminare gli oggetti sulla base di caratteristiche topologiche ([Piaget & Inhelder, 1979](#)). Si ipotizza che dopo l'intervento prevalga il criterio di classificazione per forma, ovvero i bambini raggrupperanno insieme i cubi con cubi, cilindri con cilindri ecc.... anche se di dimensioni e colori diversi.

- I2. Lo sviluppo del ragionamento spaziale spesso si basa su rappresentazioni bidimensionali di figure solide (disegni su carta e/o immagini mentali), pertanto, per molti ricercatori del settore, è stato importante capire quando e a che età i bambini riconoscono le rappresentazioni 2D astratte delle figure 3D.

Si sa che fin dalla più tenera età i bambini sperimentano rappresentazioni bidimensionali di oggetti tridimensionali, infatti una delle prime attività che i genitori svolgono con i bambini è guardare immagini sui libri o fotografie che rappresentano scene di vita quotidiana.

Nel 1977, Rose e successivamente DeLoache e colleghi (2003), osservando il naturale comportamento di esplorazione dei bambini di fronte a fotografie che rappresentavano oggetti a loro familiari e la palese manifestazione di riconoscimento di quello reale, conclusero che i bambini, già all'età di 6 mesi circa, riescono a rilevare il cambio dimensionale tra un oggetto reale e la sua immagine rappresentativa e viceversa. Ma, mentre le fotografie e le immagini sui libri rappresentano scene realistiche, le riproduzioni grafiche di figure solide su carta, per includere la terza dimensione su una superficie piana, utilizzano tecniche di rappresentazione che richiedono un opportuno livello di astrazione.

Luquet (1927), ha mostrato come i bambini piccoli abbiano difficoltà nel disegnare oggetti tridimensionali. Piaget, Inhelder e Szeminska (1948/1973) hanno sottolineato che per i bambini una cosa è capire se una copia corrisponde a un modello, altra cosa è rappresentarne

una copia che conservi le relazioni spaziali. Pertanto, in questo lavoro di ricerca, si vuole verificare se la difficoltà che i bambini incontrano nel rappresentare la terza dimensione nel piano 2D la incontrano anche nell'individuare nei disegni di oggetti 3D. In particolare, seguendo il modello di Hagen (1974) si ipotizza che nel disegno schematico di un solido potrebbe essere più facile da riconoscere la terza dimensione rispetto ad una sua foto e che un intervento didattico con la stampante 3D possa favorire lo sviluppo di detta capacità di riconoscimento.

- I3. Dalla letteratura esistente in materia risulta che i bambini hanno notevoli difficoltà nell'individuare la sezione piana di un solido. [Piaget e Inhelder](#) (1979) sostenevano che i bambini avrebbero acquisito tale competenza solo intorno ai 12 anni. Successivamente alcuni studi dimostrarono addirittura che la capacità di visualizzazione spaziale che coinvolge le sezioni trasversali degli oggetti 3D si iniziava a sviluppare solo negli anni dell'adolescenza, 11 – 15 anni, ([Russell-Gebbett](#) 1984, 1985), pertanto uno studio sui bambini piccoli era da considerarsi fallimentare. Un'attenta analisi dei metodi utilizzati per la valutazione di dette abilità però ha fatto pensare che le difficoltà che i bambini e i primi adolescenti hanno potuto incontrare nello svolgere i test somministratigli non fossero dovute all'assenza di processi cognitivi sottostanti le capacità di sezionamento geometrico di figure 3D, ma nella struttura stessa dei test utilizzati, spesso basati su figure troppo complesse. Utilizzando strumenti di misura più adeguati all'età dei bambini in questione, si ipotizza che con una mirata azione didattica basata anche con l'utilizzo di una stampante 3D possa migliorare la percentuale dei bambini che riconosce la sezione piana di un solido e che quindi acquisisca maggiori competenze dal passaggio dallo spazio tridimensionale al piano.

4. La Metodologia di Ricerca

Per rispondere alle domande D1, D2 e D3 si è posta l'attenzione sulle abilità spaziali, un gruppo di processi che consentono la corretta interazione dell'individuo con il mondo circostante. In letteratura, infatti, è ormai acclarato che le abilità spaziali costituiscono la base per un buon apprendimento della geometria. Tra queste, di particolare interesse per i nostri scopi, c'è la visualizzazione spaziale, ovvero la capacità di comprendere, codificare mentalmente e manipolare le forme 3D ([Carroll](#), 1993; [Hegarty & Waller](#), 2004).

È stata, pertanto, progettata una ricerca sperimentale ad ampio respiro che a partire dal livello delle abilità visuo-spaziali possedute dai bambini di 5 anni, ha permesso di approfondire la classificazione, la rappresentazione e il sezionamento delle figure solide in relazione all'utilizzo di una stampante 3D utilizzando metodologie di ricerca sia di tipo qualitativo che quantitativo.

La scelta di una specifica metodologia di analisi dei dati dipende dal disegno di ricerca e dal tipo di approfondimento che si vuole fare rispetto ad un dato problema. In genere, i metodi di ricerca sono collocabili in due macro-aree di riferimento: quelli di tipo qualitativo e quelli di tipo quantitativo.

[Bogdan e Biklen](#) (2007) hanno formulato un quadro sintetico in cui si evidenziano le differenze tra le due tipologie metodologiche, affermando che ciò che determina la scelta di un metodo piuttosto che dell'altro dipende dall'approccio che si ha nei confronti della ricerca: *bottom-up* o *top-down*.

QUALITATIVA/INTERPRETAZIONE	QUANTITATIVA/MISURAZIONE
Approcci	Approcci
Ecologico (fenomenologico, etnografico, ecc.), Narrativo	Sperimentale, Empirico, Statistico

Concetti chiave associati agli approcci	Concetti chiave associati agli approcci
Complessità Esperienzialità Situazionalità Processualità (temporalità dipendente dal processo di ricerca) Interpretazioni soggettive dei dati	Semplificazione e specificità Ricorrenza dei fenomeni Temporalità definita a priori "Oggettività" dei dati Attendibilità delle interpretazioni Significatività statistica, ecc
Teorie di riferimento	Teorie di riferimento
Interazionismo simbolico Funzionalismo Teoria fenomenologica Teoria etnometodologica Grounded Theory, ecc.	Realismo Costruttivismo sociale Empirismo logico Positivismo, ecc.
Obiettivi	Obiettivi
Descrizioni di realtà multiple Attenzione ai dati esperienziali Analisi induttive e sintesi creative Sviluppo di interpretazioni in divenire, ecc.	Definizione di fatti circoscritti Descrizioni statistiche Generalizzazione dei dati Procedure formali e predeterminate, ecc
Disegno di ricerca	Disegno di ricerca
In fieri Flessibile	Specificamente determinato Strutturato
Tecniche di ricerca	Tecniche di ricerca
Osservazione (griglie di osservazione) Interviste libere e semi-strutturate (scelta di interrogativi e sotto-interrogativi) Ricerca-azione (programmazione e sequenza delle fasi operative) Self-report (descrizione dei dati) Focus group (modalità di gestione dello sviluppo del discorso comune)	Sperimentazione (metodologie di comparazione tra gruppi sperimentali e di controllo) Questionari a scelta multipla Cluster analysis Ricerche correlazionali, ecc.

Studi di caso (analisi di casi emblematici) Role-playing (attribuzione di ruolo e dinamica interpersonale)	
Analisi dei dati	Analisi dei dati
Analisi di tipo induttivo (individuazione di modelli, temi, concetti, ecc.) Interpretazioni soggettive/gruppali dei dati Attendibilità delle interpretazioni	Analisi di tipo deduttivo Controllo oggettivo delle variabili Raccolta dati di tipo statistico Validità oggettiva dei risultati

Tabella 1 – Caratteristiche della ricerca di tipo qualitativo e di tipo quantitativo

Mentre nel caso dell'applicazione di metodi di ricerca di tipo qualitativo l'analisi dei dati si basa su principi interpretativi con il secondo approccio si tende a far emergere dai fenomeni indagati solo gli aspetti che possono dar luogo a dati generalizzabili e, in qualche modo, oggettivamente strutturabili secondo criteri standard di tipo misurativo.

Nel primo caso si pone l'attenzione a dati esperienziali e ad analisi di tipo induttivo, nel secondo si cerca la standardizzazione dei dati. ([Semeraro, 2014](#))

In alcuni disegni di indagine, come nel nostro caso, i due metodi possono essere utilizzati insieme privilegiando un approccio integrato ([Saukko, 2005](#)).

A partire da un percorso didattico, progettato e sperimentato in classe da un team di maestre opportunamente formate, attraverso la metodologia della ricerca – azione, è stato possibile effettuare osservazioni dirette in classe e somministrare test ai bambini per raccogliere ed elaborare dati che hanno permesso, in conclusione, di confermare le ipotesi formulate

5. Le Fasi della ricerca

L'intera ricerca è stata suddivisa in quattro macro-fasi:

1. definizione di uno sfondo integratore e di un percorso didattico per l'acquisizione delle competenze geometriche richiamate nelle domande di ricerca;
2. individuazione di opportuni test strutturati per rilevare il grado di acquisizione delle competenze geometriche in questione;
3. individuazione di attività didattiche propedeutiche all'utilizzo di strumenti CAD per la realizzazione del compito con la stampante 3D;
4. sperimentazione in classe

5.1. Lo sfondo integratore e il percorso didattico

Lo sfondo integratore è un involucro narrativo che collega varie attività didattiche di cui sono protagonisti i discenti, che altrimenti resterebbero disperse e frantumate ([Canevaro,1997](#)). Senza uno sfondo di “senso” le singole attività didattiche risulterebbero, per i bambini, di difficile connotazione e richiederebbero, per superare la dissonanza cognitiva attuata, uno sforzo di contestualizzazione che, se non realizzato, rischierebbe di comportare una perdita di motivazione con una conseguente rinuncia all'apprendimento.

Lo sfondo integratore scelto per la sperimentazione è “*La leggenda della sirena Parthenope*”.

Il compito finale: “la realizzazione dei personaggi protagonisti della storia (la sirena e il marinaio) sia con i solidi che con la stampante 3D”.

La realizzazione del compito è stata preceduta da un percorso didattico articolato in attività propedeutiche, di seguito descritte:

1. *Conosciamo le forme*. Si invitano i bambini a portare oggetti da casa e a inserirli in delle ceste formando gruppi con oggetti aventi la stessa forma geometrica. Alla fine dell'attività la maestra si sofferma

sulle principali caratteristiche degli oggetti: rotola – o non rotola; ha la punta – non ha la punta; ha gli spigoli – non ha gli spigoli. Ulteriori attività di potenziamento come “*Associamo le forme*” e “*Prendi una forma*” sono state somministrate per completare l’attività.

2. *La scatola magica*. In una scatola che presenta solo una fessura nella parte alta vengono inseriti più copie dei solidi presentati. Ogni bambino, a turno, bendato, deve estrarre un solido e solo attraverso il tatto può esplorarlo per dire poi di che solido si tratta. Il docente può intervenire ponendo domande come: “La figura ha facce piatte? Tutti i bordi sono dritti? ecc.”
3. *Combiniamo le forme*. Mediante l’assemblamento di figure solide si chiede ai bambini di costruire i personaggi della storia: la sirena e il marinaio.
4. *Dal 3D al 2D*. È il passaggio dalla geometria solida alla geometria piana. Con una serie di attività specifiche si conducono gli alunni all’acquisizione del concetto di volume quale elemento di passaggio dallo spazio al piano.

5.2. I test

Al fine di verificare se l’utilizzo della stampante 3D potesse contribuire al potenziamento delle competenze di dominio geometrico e visuo-spaziale, sono stati individuati e somministrati ai bambini, i seguenti test:

- Test di “Classificazione delle figure solide”
- TPV – Test visuo-percettivo
- DRT – Diagrammatic Test
- Cross Test – Test di sezionamento

Il primo, che utilizza una metodologia di indagine di tipo qualitativo, è basato su un’intervista semi-strutturata, mentre gli altri, che ne utilizzano una di tipo quantitativo, sono tutti multiple choice test.

Ciascun test è stato somministrato ai bambini singolarmente in un’aula dedicata in cui è stato ricreato un ambiente confortevole e preceduto da un

momento di familiarizzazione dell'alunno sia con il somministratore che con il test, somministrando un item stimolo. Procedendo in maniera progressiva, utilizzando tempi distesi e modalità ludiche, i bambini sono stati sottoposti a test sia *ex-ante* che *ex-post* il percorso prima descritto in modo da verificare il livello di competenza posseduto prima e dopo l'intervento didattico, con e senza l'utilizzo della stampante 3D.

5.2.1. Test di Classificazione dei Solidi

Il test di "Classificazione dei Solidi" investiga su quali possano essere i criteri spontanei che i bambini di 5 anni utilizzano per classificare le figure solide. Come strumento di indagine sul bambino in sé, immerso nel suo contesto naturale, si tratta di un test che utilizza un metodo di ricerca di tipo qualitativo; i suoi risultati, infatti, date le differenze individuali e le molteplici variabili ambientali che possono influire sull'esito della ricerca, non sono generalizzabili ma solo interpretabili.

Lo strumento che è stato utilizzato è l'intervista "semi-strutturata": uno strumento secondo cui sebbene le domande siano pianificate a-priori possono essere presentate in maniera flessibile in base alla situazione contingente che si presenta con il singolo bambino, lasciando ampio spazio ad eventuali digressioni ([Coggi & Ricchiardi, 2005](#)).

Per creare un coinvolgimento emotivo nel bambino, in modo da metterlo a suo agio nella somministrazione, il test si apre con un momento collettivo in cui viene mostrato un video narrante la storia di un pagliaccio a cui vengono consegnate delle valigie contenente forme solide mischiate e da riordinare. Dopodiché si mostra al bambino la valigia contenente le forme mischiate, le si posizionano su di un tavolo e gli si chiede di riordinare.

Si tratta di 24 figure solide (3 cilindri, 3 coni, 3 piramidi, 3 cubi, 3 parallelepipedi, 3 prismi a base quadrata, 3 a base triangolare, 3 tetraedri) di forma, colore e dimensione diverse. Si chiede al bambino di ordinarle formando dei piccoli gruppi. ([Garzia, Mangione & Esposito, 2019](#))



Figura 1 - Solidi utilizzati per il test di Classificazione

Nel mentre il bambino lavora il somministratore gli pone delle domande aperte legate alle scelte da lui effettuate, in modo da far emergere i criteri di classificazione.

5.2.2. TPV – Test visuo-percettivo

Per acquisire il livello di partenza delle abilità visuo-spaziali dei bambini, di cui [Hershkowitz](#) (1989) ne ha evidenziato il ruolo nell'ambito della teoria dello sviluppo del pensiero geometrico dei van Hiele, si è fatto riferimento al TPV (*Test di Percezione Visiva ed Integrazione Visuo-Motoria*) ([Hammil, Pearson & Voress](#), 1993). Il test, adatto a bambini di età compresa fra i quattro ed i dieci anni, è un'elaborazione dell'omonima versione sviluppata da Marianne Frostig in conformità con le ipotesi da lei formulate sulla natura della percezione visiva. ([Frostig, Lefever & Whittlesey](#) 1961; 1966; [Frostig, Maslow, Lefever & Whittlesey](#), 1964). È composto da una batteria di otto sotto-test a scelta multipla che misurano abilità percettive e visuo-motorie diverse ma collegate tra loro. Ogni subtest è infatti classificato come test con elevato o limitato coinvolgimento motorio; pertanto, complessivamente, si compone di quattro test con motricità ridotta e quattro test con motricità rilevante. Degli otto subtest si sono scelti, per i nostri scopi, solo di quelli a motricità ridotta. Nello specifico:

- *Posizione nello spazio*: per il riconoscimento della forma; inteso come la capacità nel riconoscere e discriminare similitudini e differenze fra le forme;
- *Figura – Sfondo*: intesa come capacità di distinguere un significato visivo in un contesto visivo;
- *Costanza della forma*: per la costanza di forma e misura, intesa come abilità di riconoscere le caratteristiche di una forma anche se modificate nella dimensione, localizzazione ed orientamento;
- *Completamento di figura*: per la chiusura visiva, intesa come capacità di completare, con la mente, un oggetto mancante di alcune parti.

5.2.3. DRT – Diagrammatic Test

Il DRT ([Frick & Newcombe, 2015](#)) è un test che investiga sulle difficoltà che i bambini possano avere nell'individuare la terza dimensione nella rappresentazione grafica di oggetti 3D.

Il bambino è introdotto al test attraverso una storia guida. Successivamente gli viene somministrato il test vero e proprio.

Il test si compone di 24 item. Ciascun item è una scheda in cui da un lato vengono rappresentate fotografie a colori di oggetti geometrici, dall'altra disegni a matita degli stessi, creati tracciandone solo i bordi. Lo stimolo campione è centrato nella parte superiore della pagina, presentato in orientamento orizzontale, mentre nella parte inferiore sono riportate quattro alternative di scelta, allineate orizzontalmente con uguale spaziatura tra di esse. Solo una delle alternative corrisponde all'oggetto stimolo le altre tre, errate, sono state create o utilizzando forme simili (es. piramide vs cono) o proporzioni diverse dagli oggetti di riferimento (es. cilindri corti vs lunghi). Per gli stimoli sono stati utilizzati sia singoli oggetti geometrici (cono, cilindro, ecc.) sia combinazione di due di questi raffigurati con colori differenti (es: cono giallo sopra un cilindro blu). Le 24 schede sono state suddivise in: 12 rappresentanti da un lato, come stimolo campione la foto di un solido e dall'altro 4 disegni rappresentanti solo le linee di contorno di

solidi, di cui uno solo ne costituisce il corrispondente; e 12 rappresentanti il viceversa: da un lato il disegno a matita rappresentante solo le linee di contorno di un solido e dall'altro 4 fotografie di solidi di cui uno solo ne costituisce il corrispondente.

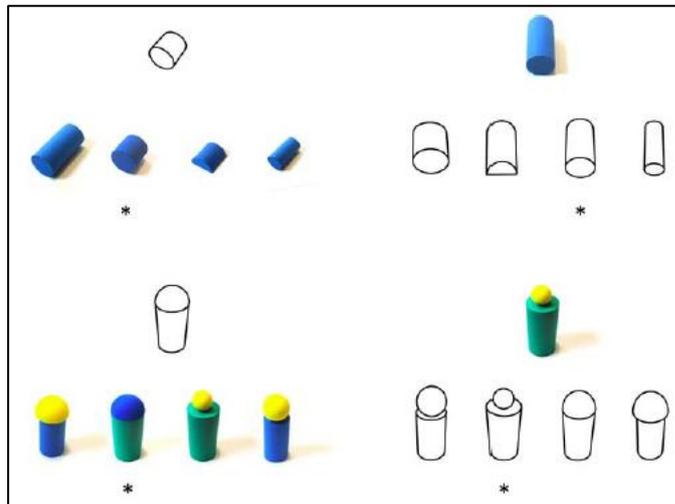


Figura 2 - Item del DRT - Test

5.2.4. Cross Test – Test di sezionamento

Il Cross Test ([Ratliff, McGinnis & Levine, 2010](#)) è un test che investiga sulle difficoltà che i bambini possano avere nell'individuare la sezione piana di un solido.

Per la somministrazione del test ho voluto utilizzare come stimoli, forme solide reali dai colori vivaci. Ho, pertanto, fatto realizzare in polistirolo espanso e lamine magnetiche morbide, solidi geometrici dai colori accattivanti in modo che i bambini potessero maneggiarli con disinvoltura per esplorarli, familiarizzarli con essi per poi di volta in volta sezionarli.

Il test si compone di 20 item. Ciascun item è costituito: da un solido reale da sezionare, da un cartoncino, che rappresenta il piano di sezionamento, e da una scheda in cui vengono rappresentate quattro possibili sezioni piane del solido; solo una delle alternative di scelta corrisponde alla sezione piana dell'oggetto stimolo.

I 20 item sono stati suddivisi in due blocchi da 10: un blocco è relativo alle sezioni che si ottengono tagliando il solido con un piano parallelo al piano di terra, ed un blocco relativo a quelle che si ottengono tagliando il solido con un piano perpendicolare a quello di terra.



Figura 3 - Cross con piano perpendicolare



Figura 4 - Cross con piano parallelo

5.3. Attività didattiche propedeutiche all'utilizzo di strumenti CAD

La realizzazione del personaggio con la stampante 3D ha richiesto che i bambini utilizzassero un software di modellazione CAD realizzato dall'INDIRE calibrato proprio sulle esigenze della scuola dell'Infanzia: "SugarCAD".

Anche questa fase è stata preceduta supportata da un percorso didattico di seguito descritto:

1. *Il foglio quadrettato.* È l'attività propedeutica all'utilizzo del software. L'ambiente CAD essendo prettamente geometrico presenta un piano di lavoro che simula un foglio di carta millimetrata. Pertanto, l'insegnante prima di aprire il software ne simula dal vivo il funzionamento.

2. *Realizziamo il personaggio.* È l'attività di modellazione vera e propria. I bambini a coppie progettano il proprio personaggio della storia, ma anche altri di fantasia.
3. *La stampa 3D.* È il momento finale e la sintesi di tutta la sperimentazione: i bambini stampano i personaggi realizzati.

5.4. La sperimentazione in classe

La sperimentazione in classe rappresenta il cuore pulsante di tutta l'attività di ricerca. Con il supporto e la collaborazione dei ricercatori dell'INDIRE, mi sono recata in 2 scuole della provincia di Salerno per somministrare i test individuati in fase ante e post intervento didattico, formare le maestre sul percorso didattico da svolgere in classe con gli alunni e sull'uso della stampante 3D, ed eseguire osservazione dirette in classe che mi hanno permesso di raccogliere dati quantitativi e qualitativi che sono stati poi da me elaborati con opportuni metodi statistici e che rappresentano il frutto e la conclusione di questo lavoro.

6. La Sperimentazione in classe

La sperimentazione svolta in classe ha coinvolto le sezioni di bambini di 5 anni di due Istituti Comprensivi della provincia di Salerno: l'Istituto Comprensivo "Giovanni Paolo II", situato in Salerno città, e l'Istituto Comprensivo di San Valentino Torio (SA). E' stato seguito un percorso articolato in tre macro-fasi:

1. somministrazione dei test individuati come *ex-ante* all'azione didattica, per rilevare il grado di possesso della competenza geometrica da parte dei bambini interessati;
2. esecuzione del percorso didattico con la realizzazione di un prodotto concreto con la stampante 3D;
3. somministrazione degli stessi test individuati come *ex-post* all'azione didattica, per rilevare il grado di acquisizione della competenza geometrica da parte degli stessi bambini interessati.

6.1. Il Campione di Riferimento

Il campione di bambini dei due Istituti Comprensivi coinvolti nella sperimentazione è stato così costituito:

- 56 bambini (25 maschi e 31 femmine) di anni 5 (età media = 4,84; DS = 0,37) provenienti dall'Istituto Comprensivo di San Valentino Torio (SA);
- 24 bambini (15 maschi e 9 femmine) di anni 5 (età media = 5,08; DS = 0,28) provenienti dall'Istituto Comprensivo "Giovanni Paolo II" (SA).

In fase di *ex-ante*, gli 80 bambini hanno costituito un campione unico. Successivamente, per la fase di *ex-post*, il campione degli 80 bambini è stato così suddiviso:

- un campione di 40 bambini (20 maschi e 20 femmine) ha costituito il gruppo di controllo;

- un campione di 40 bambini (20 maschi e 20 femmine) ha costituito il gruppo sperimentale. Quest'ultimo gruppo, poi, è stato suddiviso in due gruppi:
 - un sottogruppo di 20 bambini con cui sono state svolte specifiche attività didattiche laboratoriali non implicanti l'utilizzo della stampante 3D;
 - un sottogruppo di 20 bambini con cui sono state svolte le stesse attività didattiche del gruppo precedente, con l'integrazione di altre attività implicanti l'utilizzo del CAD e della stampante 3D.

6.2. Le fasi della sperimentazione

6.2.1. La somministrazione dei test

La somministrazione dei test “*ex-ante*” rappresenta il momento di avvio di tutta la sperimentazione, pertanto è stato preceduto da un momento di conoscenza e familiarizzazione dei bambini con il gruppo degli sperimentatori.

Gli sperimentatori dopo essere stati presentati ai bambini dalle maestre come degli ospiti aventi un compito speciale, hanno proiettato un video che raccontava la storia di “Ciaccio il pagliaccio”. Ciaccio è un pagliaccio che mentre cammina per il bosco incontra tre suoi amici che anziché essere contenti di vederlo sono tristi perché le scatole che avevano e in cui c'erano le forme geometriche, erano state aperte, tutte le forme erano cadute per terra, si erano mescolate e loro non riuscivano più a sistemarle. Ciaccio, dopo aver ascoltato, dice ai suoi amici di non preoccuparsi perché lui conosce delle maestre che hanno dei bravi bimbi che li aiuteranno a sistemare tutte le forme che si sono mischiate.

Il racconto, utilizzato per creare un legame empatico tra gli sperimentatori e i bambini, rappresenta il “gancio” per introdurre il primo dei quattro test: il test di classificazione.

Gli stessi test sono stati somministrati nuovamente, nelle stesse modalità, al campione di riferimento strutturato come descritto nel paragrafo 5.1, al

termine di tutto il percorso didattico in modo da verificare il grado di acquisizione della competenza geometrica e l'efficacia dell'intervento, con e senza l'utilizzo di una stampante 3D, per l'apprendimento della stessa.

Test di Classificazione dei Solidi

Dopo la visione del video, gli sperimentatori dicono ai bambini che ad uno alla volta saranno portati in un'aula vicino dove ci sono le valigie che "Ciaccio" gli ha dato per farsi aiutare da loro ad ordinare le forme in esse contenute.

Nell'esplorazione, il bambino viene lasciato libero di muoversi e lavorare,



Figura 5 - Attività di classificazione

solo di tanto in tanto, il ricercatore in base agli stimoli forniti dai bambini, pone domande come:

- Cosa stai facendo?
- Perché hai raggruppato queste figure insieme? (indicando un gruppetto di figure)
- Che differenza c'è tra questa figura e quest'altra? (prendendo in mano e ponendo all'attenzione del bambino due figure somiglianti)
- Sai come si chiama questa figura?
- Perché hai messo questa figura in questo gruppo? Cosa ha di simile con le altre?

- Pensi che si possono trovare altri modi per ordinare le figure che ti ha dato “Ciaccio”? Quali? Fammi vedere.

TPV – Test visuo-percettivo

Il TPV è un test, come detto composto di 8 sotto-test, ma di questi 8 ne sono stati selezionati solo 4, quelli a motricità ridotta, in quanto il corrispondente quoziente rappresenta la misura più “pura” della percezione visiva, essendo presente un bassissimo coinvolgimento motorio. Nello specifico:

- *Posizione nello spazio*: misura l’abilità di individuare le caratteristiche comuni a due figure. Al bambino viene fatto vedere una figura stimolo che poi dovrà riconoscere tra figure simili.
- *Figura – Sfondo*: misura la capacità di vedere determinate figure quando sono confuse in uno sfondo complesso; estrarre dettagli rilevanti eliminando informazione meno importanti. Al bambino viene richiesto di individuare determinate figure che sono nascoste in uno sfondo complesso.
- *Completamento di figura*: misura la capacità di riconoscere una figura stimolo che non è stata completata. Il principio psicologico è quello della chiusura delle forme (Gestalt). Al bambino viene mostrato una figura stimolo e gli viene chiesto di riconoscerla in una serie di figure dal cui contorno mancano numerosi parti.
- *Costanza della forma*: misura la capacità, ad alto livello, di riconoscere una figura stimolo modificata in dimensioni, posizione, ombreggiatura, ecc. Al bambino viene mostrata una figura stimolo e gli viene chiesto di riconoscerla in una serie di figure. Nella serie la figura stessa ha dimensioni, posizione e/o ombreggiatura differenti.

DRT – Diagrammatic Test

La somministrazione del test è stata preceduta da una fase introduttiva in cui al bambino è stata mostrata un disegno rappresentante una casa e un ragazzo, Danny, che la sta disegnando su un foglio di carta. Al bambino viene detto che a Danny piace disegnare le cose che vede in modo che il suo

disegno rappresenti l'oggetto esattamente com'è nella realtà, ad eccezione del colore perché lui, Danny, utilizza solo una matita per cui può disegnare solo i bordi dell'oggetto. Dopodiché si invita il bambino ad osservare il disegno che Danny sta facendo e gli si chiede se ritiene che stia venendo bene.

L'esperimento prosegue nel presentare ad ogni bambino 12 schede in cui gli viene chiesto o di abbinare disegni a matita di figure solide con fotografie degli stessi o il viceversa, al fine di scoprire se astrarre le informazioni da una fotografia per abbinarla a più disegni a linee, è più facile del compito opposto. In entrambi i casi, si presenteranno sia oggetti singoli che combinati, per verificare il livello di complessità.

Nello specifico, l'intero campione di 80 bambini è stato suddiviso in due sotto-campioni:

- a 40 bambini (20 maschi e 20 femmine) è stato somministrato il test nella versione delle 12 schede in cui da un lato c'era la rappresentazione di un solido e dall'altro 4 disegni rappresentanti solo le linee di contorno dei solidi, di cui uno solo ne costituiva il corrispondente (Test A);
- a 40 bambini (20 maschi e 20 femmine) è stato somministrato il test nella versione delle 12 schede in cui da un lato c'era un disegno rappresentante solo le linee di contorno di un solido e dall'altro 4 rappresentazioni di solidi, di cui uno solo ne costituiva il corrispondente (Test B).

Ciascun gruppo è stato suddiviso in due sottogruppi in cui:

- 20 bambini (10 maschi e 10 femmine) hanno costituito il gruppo sperimentale;
- 20 bambini (10 maschi e 10 femmine) hanno costituito il gruppo di controllo.

Infine, il gruppo di 40 bambini costituenti il gruppo sperimentale è stato suddiviso in due ulteriori sottogruppi:

- 20 bambini (10 maschi e 10 femmine) che hanno costituito il gruppo sperimentale sottoposto solo all'azione didattica;

- 20 bambini (10 maschi e 10 femmine) che hanno costituito il gruppo sperimentale sottoposto all'azione didattica includente anche l'utilizzo della stampante 3D.

Cross Test – Test di sezionamento

Il test, dopo l'iniziale momento di familiarizzazione dell'alunno con lo sperimentatore, prosegue con la somministrazione dello stimolo campione: si mostra al bambino una sfera sezionata da un piano e gli si chiede: di immaginare quale figura piana si vedrà all'interno dell'oggetto nel momento in cui le due metà verranno separate, di indicare la forma della sezione risultante da una serie di quattro scelte di forme 2D rappresentate su di una scheda:

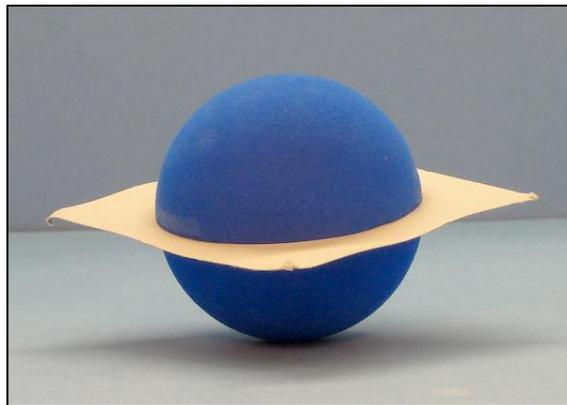


Figura 6 - Stimolo campione

Dopo lo stimolo campione, in cui si è dato al bambino tutto il tempo di osservare ed esplorare l'oggetto gli si sono presentate 5 solidi (1 cono, 1 cilindro, 1 piramide, 1 prisma rettangolare e 1 prisma triangolare), ognuno dei quali è stato somministrato in due orientamenti differenti: in verticale (vista frontale) e ruotato di 90°. Inoltre, per ognuna delle due posizioni, il solido è stato sezionato o con un piano parallelo al suolo o con uno ad esso perpendicolare.

Nello specifico, l'intero campione di 80 bambini è stato suddiviso in due sotto-campioni:

- a 40 bambini (20 maschi e 20 femmine) è stato somministrato il test sezionando il solido in ambo le posizioni (vista frontale e ruotato di 90°) con il piano perpendicolare al suolo (Test A);
- a 40 bambini (20 maschi e 20 femmine) è stato somministrato il test sezionando il solido in ambo le posizioni con il piano parallelo al suolo (Test B).

Ciascun gruppo è stato suddiviso in due sottogruppi in cui:

- 20 bambini (10 maschi e 10 femmine) hanno costituito il gruppo sperimentale;
- 20 bambini (10 maschi e 10 femmine) hanno costituito il gruppo di controllo.

Infine, il gruppo di 40 bambini costituenti il gruppo sperimentale è stato suddiviso in due ulteriori sottogruppi:

- 20 bambini (10 maschi e 10 femmine) che hanno costituito il gruppo sperimentale sottoposto solo all'azione didattica;
- 20 bambini (10 maschi e 10 femmine) che hanno costituito il gruppo sperimentale sottoposto all'azione didattica includente anche l'utilizzo della stampante 3D.

6.2.2. Il percorso didattico e la realizzazione del prodotto finale

Il percorso didattico progettato che le maestre hanno sviluppato e realizzato, attraverso mediazioni didattiche, relativamente alle specificità del proprio gruppo classe, prevede, secondo il quadro teorico di riferimento, di partire dalla geometria solida per passare poi a quella piana. Ciascuna attività non si esaurisce in una sola giornata ma si compone di sotto-attività per il rinforzo e il potenziamento, talvolta anche più volte ripetute a distanza di tempo per favorirne l'interiorizzazione e l'apprendimento.

Decisivo e fondamentale è in questa fase il ruolo dell'insegnante, che assume la funzione di mediatore culturale che utilizza artefatti concreti ed emotivi per veicolare i contenuti agli studenti.

Lettura della storia e rappresentazione grafica

La sperimentazione inizia con la presentazione dello sfondo integratore. La docente, in circle-time, legge la storia “La leggenda della sirena Parthenope”. L’interiorizzazione della storia, fondamentale affinché il bambino immerso nello sfondo integratore dia senso alla realizzazione del compito, ha comportato una serie di attività in classe che rientrano nella prassi quotidiana della scuola dell’Infanzia: dopo la lettura la maestra mostra su tablet le immagini reali associate ai luoghi e ai personaggi della storia, propone la visione del film-cartoon “Ulisse”, con domande stimolo favorisce la comprensione del testo ed accende la curiosità dei bambini intorno a personaggi, infine incarica gli stessi di realizzare una rappresentazione grafica della storia evidenziando i protagonisti (sirene e marinai) e realizza una drammatizzazione delle scene principali.

I bambini hanno mostrato interesse per la storia a cui si sono subito appassionati e non hanno incontrato alcuna difficoltà nelle attività proposte essendo già abituati ad operare in questo modo quotidianamente.

Conosciamo le forme

“Conosciamo le forme” è un insieme di attività didattiche mirate a familiarizzare ed apprendere i primi elementi della geometria solida. Le insegnanti mostrano agli alunni oggetti con specifiche forme solide prese dal mondo reale e, senza fare riferimento al loro nome, chiedono agli alunni di portare da casa oggetti somiglianti o simili a quelli che avevano visto. Alla volta successiva, le insegnanti dopo aver posizionato sui tavoli 9 ceste vuote, hanno invitato gli alunni, uno o due alla volta, a scegliere un oggetto tra quelli portati da casa e a posizionarli in una cesta, senza dare altro tipo di indicazione se non quella di osservare prima cosa già ci fosse nelle ceste e poi di procedere

Quando ogni alunno ha posizionato il suo oggetto, l’insegnante chiede loro di avvicinarsi alle ceste e osservare come erano stati divisi gli oggetti e se per caso c’era qualche oggetto che era stato posizionato nella cesta sbagliata.



Figura 7 - Formiamo le ceste

Si osserva che gli alunni fin da subito procedono in maniera spontanea posizionando gli oggetti in base alla forma di quelli già presenti nelle ceste e quando vengono invitati ad osservare se c'era qualche "intruso" da soli, discutendo sulle caratteristiche degli oggetti, sono riusciti ad effettuare i giusti correttivi.

Dopo il primo momento strettamente esperienziale ed innato, la maestra è passata alla formalizzazione dei concetti. Ad ogni cesta, in maniera graduale ed a partire dalle forme più semplici (nell'ordine: cubo, sfera, cono, parallelepipedo), ha affiancato un solido geometrico dicendone il nome e le principali caratteristiche. I bambini, di volta in volta sono stati invitati a prendere gli oggetti dalla cesta, ad osservarli facendo opportuna attenzione alle caratteristiche specifiche.

Successivamente, la docente pone una scatola su di un tavolino dove sono raccolti più copie dei solidi introdotti, realizzati dalla stessa con il cartoncino.

Chiama un bambino per volta e lo invita a prendere dal tavolino un oggetto a forma di cubo, o cono o sfera o parallelepipedo e di collocarlo nel gruppo di oggetti simili; chiede agli altri bambini se il compagno ha eseguito il compito correttamente. Oppure l'insegnante chiede agli alunni di prendere un solido a caso dal cesto sul tavolino, di nominarlo e posizionarlo all'interno del cesto degli oggetti simili.

In questa fase i bambini hanno seguito, grazie alle sollecitazioni e la guida delle insegnanti, con molto interesse. Sebbene all'inizio hanno incontrato lievi difficoltà nel ricordare ed associare i nomi ai solidi, nelle varie attività di rinforzo sono stati sempre più pronti. Attraverso l'utilizzo della metodologia peer tutoring, quando un bambino non riusciva ad individuare

prontamente l'oggetto assegnatogli è stato aiutato da un compagno, che gli illustrava le motivazioni della scelta corretta.

Infine, l'insegnante predispone sul pavimento dell'aula, all'interno del cerchio formato dai bambini seduti, sei schede rappresentanti oggetti reali corrispondenti alle varie forme solide, con accanto un cesto contenente solidi realizzati in cartoncino. L'insegnante chiede ad un bambino alla volta di scegliere una scheda, di osservarla, di riconoscere e denominare gli oggetti rappresentati e associare la loro forma al solido corrispondente.



Figura 8 - Associamo le forme

L'insegnante, inoltre, chiede di andare a prendere dal cesto il solido corrispondente alla forma degli oggetti rappresentati nella scheda scelta e di riporlo su di essa

Ad ogni azione l'insegnante chiede all'intero gruppo sezione se il compagno ha eseguito il compito correttamente. Sebbene anche in queste attività si sia avuta un'iniziale difficoltà nella lettura delle immagini, pur presentando oggetti legati alla vita quotidiana dei bambini, gli stessi opportunamente guidati dall'insegnante possono facilmente superarle.

La scatola magica

L'insegnante presenta agli alunni una scatola vuota precisando che è magica perché non se ne conosce il contenuto; per favorire la partecipazione e

l'interesse per l'attività, l'insegnante ha proposto l'utilizzo di una carta colorata per foderare la scatola e ha sollecitato con domande stimolo circa il contenuto della stessa. Gli alunni, incuriositi, hanno collaborato con la docente alla realizzazione della stessa e hanno sbizzarrito la loro fantasia sul suo contenuto. Ormai pieni di entusiasmo, l'insegnante propone di fare un gioco che prevede che ogni bambino, bendato, deve scegliere dalla scatola un oggetto e indovinare, toccandolo, di cosa si tratta. Chiama uno alla volta i bambini a prelevare l'oggetto, invita a descriverlo e a dire che cos'è. Ogni volta che un bambino estrae il solido e lo nomina l'insegnante chiede al gruppo sezione se il compagno è riuscito ad individuarlo correttamente. Il gioco ha suscitato grande entusiasmo, alcuni bambini li hanno denominati come figure piane, ma la maggior parte ha riconosciuto le figure solide e le ha nominate in modo giusto.

Combiniamo le forme

In quest'attività, combinando varie figure solide, sono stati realizzati i personaggi della storia: la sirena e il marinaio. Come attività di rinforzo è stato costruito Ciaccio il pagliaccio e una coppa per la Festa del Papà. Con queste attività i bambini hanno non solo mostrato entusiasmo ma capito che le singole forme possono essere considerate come le costruzioni ed essere assemblate per formare nuovi oggetti.



Figura 9 - Il Marinaio



Figura 10 - La Sirena



Figura 11 - Ciaccio il Pagliaccio



Figura 12 - La coppa per il papà

Dal 3D al 2D

Il passaggio dal 3D al 2D è avvenuto, per le docenti, in maniera molto semplice e naturale. La prima attività proposta è stata “*Riconosci la base?*”. L’insegnante prepara una vaschetta piena di sabbia e chiede ad un bambino alla volta di prendere un oggetto solido dalla cesta e di premerlo nella sabbia, identificando la figura che si imprime. Successivamente, lo stesso viene invitato a ruotare l’oggetto che ha in mano in modo da premere nella sabbia non solo la base, ma anche le altre parti (facce) di esso, nominando sempre la figura che vede stampata. Attraverso quest’attività i bambini hanno percepito che ogni figura solida è composta da più figure piane insieme (“attaccate”) e che la differenza tra il 3D e il 2D è che i solidi sono pieni, (hanno il volume o spazio all’interno), mentre le figure piane sono “schiacciate”. Successivamente è stata svolta in classe l’attività “*la proiezione delle ombre*”. Attraverso il cono di luce del video proiettore è stata proiettata sulla LIM l’ombra dei personaggi costruiti. L’insegnante chiede singolarmente per ogni parte del corpo del personaggio quale forma vedono proiettata. La maggior parte dei bambini ha capito la differenza tra le figure solide e quelle piane, alcuni rispondono che le prime hanno il volume, mentre le ombre sono schiacciate. Si è passati poi all’attività “*costruisci i personaggi con i blocchi logici montessoriani e la plastilina*”: La docente fornisce ad ogni bambino le varie forme dei blocchi logici montessoriani e chiede di costruire un personaggio della storia con essi;

dopodiché chiede che tipo di forme geometriche piane ha utilizzato per la costruzione dei personaggi. Subito dopo l'insegnante propone ai bambini di costruire i personaggi con la plastilina. Ancora una volta i bambini evidenziano che il personaggio costruito con i blocchi logici è "schiacciato" mentre quello con la plastilina è "pieno" e "sta in piedi". Emerge sempre più il concetto di volume che viene evidenziato con l'attività "*apriamo e chiudiamo le scatole*": la docente consegna ad ogni bambino un personaggio costruito con i solidi in cartoncino e chiede loro di smontarlo e di aprire ogni singolo solido che hanno in mano, di osservarlo e dire che figura vedono sul proprio tavolo. Solo pochissimi non riconoscono le figure piane mentre altri in maniera spontanea evidenziano che "*il cubo è formato da tanti quadrati*". Viceversa, poi la maestra consegna degli sviluppi di solidi ed invita i bambini, attraverso le piegature, a chiudere le scatole e nominare il solido che viene fuori. Molti riconoscono ancor prima di chiuderlo completamente il solido che si forma e qualcuno, ricordando l'attività della sabbia cinetica ha osservato che "*la sfera non si può schiacciare, né si può costruire con il cartoncino*".

Il foglio quadrettato e l'ambiente SugarCAD.

L'attività "Il foglio quadrettato" è propedeutica all'apprendimento dell'ambiente di modellazione CAD "SugarCad". L'insegnante prende un foglio di quadernone quadrettato e muovendolo nelle posizioni verticale e orizzontale, chiede ai bambini cosa vedono. Tutti i bambini concordano nel rispondere che vedono un rettangolo nel primo caso ed una linea nel secondo.



Figura 13 - Il foglio quadrettato

La docente apre il programma SugarCAD sulla LIM di classe e invita i bambini a dire cosa vedono e cosa si possa fare con ciò che vedono sullo schermo.

La docente fa osservare ai bambini che quel foglio è come quello reale mostrato precedentemente e che anche qui può muoverlo come vuole e glielo mostra; invita i vari bambini a muovere il piano, a trasferire i solidi sul piano e a esplorare le funzionalità dello strumento, in maniera compartecipata con i compagni. Dopo aver sperimentato tutte le varie funzionalità la docente invita il bambino ad osservare che quando l'oggetto si alza si proietta un'ombra sul piano e a dirne il nome. I bambini sono stati molto interessati e motivati a partecipare a questa attività. Tutti hanno risposto positivamente al riconoscimento dell'ombra.

Realizziamo il personaggio

La maestra, dopo aver organizzato a coppie i bambini e consegnato loro i tablet della scuola, aperto SugarCAD, li ha invitati a scegliere i solidi per creare il personaggio che avevano realizzato con le forme. I bambini sono stati felicissimi e senza incontrare difficoltà, utilizzando tutti gli opportuni comandi di scalatura, rotazione e movimento del software, sono riusciti nell'impresa.



Figura 14 - I personaggi in SugarCad

Quest'attività ha rappresentato la sintesi di tutto il lavoro di apprendimento delle figure solide. I bambini, infatti attraverso la metodologia del Peer Tutoring, hanno negoziato conoscenze supportandosi a vicenda, acquisendo e potenziando le proprie competenze divertendosi.

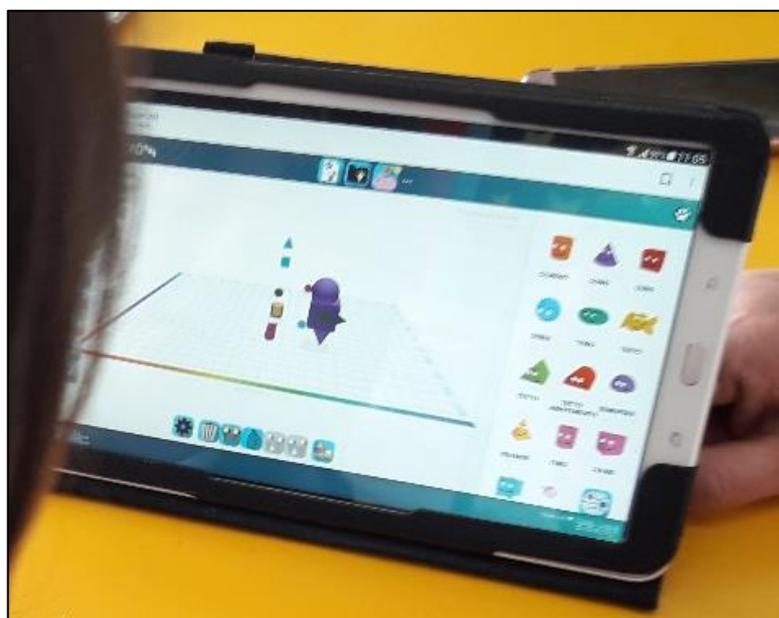


Figura 15 - Progettazione del personaggio

La stampa 3D

La maestra, dopo aver disposto i bambini in circle-time presenta ai

bambini la stampante 3D e attraverso un'attività di brain-storming chiede secondo loro a cosa serve l'oggetto misterioso.



Figura 16 - Stampa del personaggio

La maggior parte lo vede o come un “forno”, dicendo che a casa ne ha uno simile, o “una macchinetta del caffè”. Alla risposta della maestra che trattasi di una stampante che realizzerà il loro personaggio, la domanda più immediata e spontanea dei bambini è dove si mettessero i fogli.

La maestra allora mostra delle immagini di come sono i prodotti “stampati” con la stampante 3D, per rendere i bambini sempre più consapevoli di quanto accadrà.

I bambini, capito che con la stampante 3D potevano vedere il loro personaggio progettato nel tablet, realizzato concretamente, pieni di entusiasmo hanno scelto quelli “più belli” per stamparli per primi. La curiosità e l'entusiasmo sono stati talmente forte che nonostante i tempi lunghi di stampa i bambini non si sono né annoiati e né spazientiti.

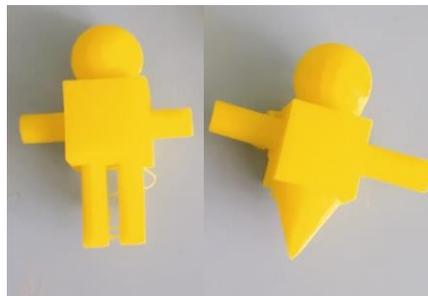


Figura 17 - I personaggi stampati

Anzi, a mano a mano che procedeva la stampa riconoscevano le figure solide utilizzate in fase di progettazione: “Ora sta stampando la sfera che è la testa e il cubo che è il corpo”; “C'è anche la coda della sirena”. Un momento importante è stata la discussione sugli errori commessi. Durante la stampa, infatti, è capitato che alcuni personaggi non sono venuti

corrispondenti all'idea che il bambino aveva in fase di progettazione: ad alcuni personaggi, ad esempio, le braccia o le gambe non erano attaccate al corpo ma sono venute stampate come elementi separati. Un pregio della metodologia maker, come detto, è che l'errore non è visto mai in forma negativa ma come elemento di crescita e stimolo a far meglio. I bambini, infatti, dopo ampie discussioni hanno realizzato che se il progetto non è preciso, la stampa non produce un oggetto completo.

7. Risultati della Ricerca

Come anticipato nell'introduzione, il presente lavoro di ricerca si inserisce nell'ambito del PON "Didattica laboratoriale multidisciplinare" – Obiettivo Specifico 10.8 - Azione 10.8.4 – Codice progetto 10.8.4.A2-FSEPON-INDIRE-2017-1. Con Nota Prot. N. 23613/2020 l'Autorità di Gestione autorizza la sottoscritta all'utilizzo dei dati elaborati a supporto della presente tesi. Pertanto, di seguito si riportano i risultati dei test di tipo quantitativo, già elaborati, e si accennano solo quelli del "Test di Classificazione" ancora in via di elaborazione.

7.1. Test di Classificazione

Le attività dei bambini sono state tutte videoregistrate in modo da cogliere tutti gli aspetti verbali e non verbali utili all'analisi dei dati.

Sebbene, attualmente, i dati raccolti siano ancora in via di elaborazione, sono state già individuate opportune categorie per la classificazione.

Le immagini che seguono mostrano i criteri più comunemente utilizzati:



Figura 18 - Classificazione per colore



Figura 19 - Classificazione per somiglianza



Figura 20 - Classificazione per forma



Figura 21 – Classificazione di fantasia

7.2. TPV – Test visuo-percettivo

Essendo un test evolutivo è stato necessario riportare il risultato grezzo con le tabelle normative per poi ottenere dei punteggi standard, ranghi percentili ed età equivalenti.

I punteggi standard dei subtest, che hanno una media di 10 ed una deviazione standard di 3, sono stati calcolati in modo che la distribuzione dei punteggi grezzi fosse calcolata ad intervalli di 6 mesi tra 4 anni e 10 anni e 11 mesi, per ogni subtest.

I punteggi standard vengono trasformati in quozienti, ovvero punteggi compositi, aventi una media di 100 ed una deviazione standard di 15, che si possono estrapolare da una apposita tabella.

Attraverso i quattro subtest si calcola il Quoziente di Percezione Visiva a Motricità Ridotta (QPVMR) per verificare se un'azione didattica che prevede anche l'utilizzo della stampante 3D possa influenzare il miglioramento del quoziente di percezione visiva su bambini di età di 5 anni.

Da un'analisi descrittiva dei dati elaborati, indicato con:

- M_S = media del gruppo sperimentale
- M_C = media del gruppo controllo
- DS_S = Deviazione Standard gruppo sperimentale

- DS_C = Deviazione Standard gruppo sperimentale

si ha:

	SOMMIN.	GRP. SPERIM.		GRP. CONTR.	
		M_s	DS_s	M_c	DS_c
TOTALE	I	93,80	13,08	93,67	10,14
	II	91,25	10,03	89,83	10,49

E nello specifico, detti:

- $M_{AT.}$ = media del gruppo sperimentale che ha volto solo le attività didattiche
- $M_{AT.+ST}$ = media del gruppo sperimentale che ha volto solo le attività didattiche
- $DS_{AT.}$ = Deviazione Standard gruppo sperimentale

	SOMMIN.	GRP. AT.		GRP. AT.+ST.	
		$M_{AT.}$	$DS_{AT.}$	$M_{AT.+ST}$	$DS_{AT.+ST.}$
TOTALE	I	89,80	8,59	97,80	9,95
	II	88,35	9,37	94,15	10,98

Dalla lettura dei dati si evince che il QPVMR del gruppo di alunni che ha utilizzato la stampante 3D è superiore a quello che ha svolto solo le attività.

7.3. DRT – Diagrammatic Test

Per tutta l'analisi statistica è stato utilizzato il “*test di confronto tra proporzioni*”. Tale test è uno dei più diffusi tra quelli che utilizzano la frequenza di un attributo, ed è importante quando si vuole valutare l'efficacia di un'azione valutando se una certa proporzione o percentuale si è modificata. Si procede alla verifica dell'ipotesi che una certa modalità sia presente in proporzioni o percentuale uguali o meno in due popolazioni indipendenti.

Per l'analisi dei dati il livello di significatività è stato fissato pari a 10%. (Essendo un test a 2 code, per $\alpha = 0,10$ si ha $\alpha/2 = 0,05$ per cui, il valore tabulato di $z_{\alpha/2} = 1,65$).

Indicato con:

- **f_s** la media della frequenza delle risposte esatte del gruppo sperimentale
- **f_c** la media della frequenza delle risposte esatte del gruppo di controllo
- **f*** la frequenza ipotizzata
- **Z** la statistica test

Si ha:

SOMMIN.	GRP. SPERIM.	GRP. CONTR.		
	f _S	f _C	f*	Z
I Somministrazione	0,60	0,67	0,64	-0,59
II Somministrazione	0,81	0,65	0,73	1,66

Più nel dettaglio, indicato con:

- **f_{AT}**. la media della frequenza delle risposte esatte del gruppo sperimentale che ha svolto solo le attività didattiche
- **f_{AT+ST}** la media della frequenza delle risposte esatte del gruppo sperimentale che ha svolto le attività didattiche anche con la stampante
- **f*** la frequenza ipotizzata
- **Z** la statistica test

SOMMIN.	GRP. AT.	GRP. AT. + ST.		
	f _{AT} .	f _{AT. + ST.}	f*	Z
I Somministrazione	0,59	0,62	0,60	-0,30
II Somministrazione	0,76	0,87	0,81	-1,24

Dai risultati ottenuti si evince che, indipendentemente da come viene somministrato il test (Test A, Test B) l'azione didattica ha un effetto statisticamente significativo ad un livello del 10%, riguardo invece all'utilizzo della stampante 3D si evince che il valore di Z cade nella zona di non rifiuto dell'ipotesi nulla, quindi nulla si può dire sull'effetto del trattamento. Procedendo con un'analisi descrittiva del campione si evince che, anche se non è statisticamente significativo, il trattamento comporta un aumento delle frequenze delle risposte corrette notevole nel gruppo che ha lavorato con la stampante 3D.

La non significatività del test potrebbe dipendere dalla numerosità dei gruppi o anche, da un'analisi approfondita delle risposte, dal livello di maturazione dei bambini. Si suggerisce di ripetere il test somministrandolo a un numero più elevato di bambini o a bambini di fascia di età di 4 anni.

7.4. Cross Test – Test di sezionamento

Anche per l'analisi statistica è stato utilizzato il “*test di confronto tra proporzioni*”.

Per l'analisi dei dati il livello di significatività è stato fissato pari a 5%. (Essendo un test a 2 code, per $\alpha = 0,05$ si ha $\alpha/2 = 0,025$ per cui, il valore tabulato di $z_{\alpha/2} = 1,96$).

Indicato con:

- **f_s** la media della frequenza delle risposte esatte del gruppo sperimentale
- **f_c** la media della frequenza delle risposte esatte del gruppo di controllo
- **f*** la frequenza ipotizzata
- **Z** la statistica test

Si ha:

SOMMIN.	GRP. SPERIM.	GRP. CONTR.
---------	--------------	-------------

	fS	fC	f*	Z
I Somministrazione	0,41	0,37	0,39	0,37
II Somministrazione	0,62	0,39	0,51	2,08

Più nel dettaglio, indicato con:

- f_{AT} . la media della frequenza delle risposte esatte del gruppo sperimentale che ha svolto solo le attività didattiche
- f_{AT+ST} la media della frequenza delle risposte esatte del gruppo sperimentale che ha svolto le attività didattiche anche con la stampante
- f^* la frequenza ipotizzata
- Z la statistica test

SOMMIN.	GRP. AT.	GRP. AT. + ST.		
	f_{AT} .	$f_{AT. + ST.}$	f^*	Z
I Somministrazione	0,42	0,40	0,41	0,18
II Somministrazione	0,52	0,73	0,62	-1,98

In conclusione, indipendentemente da come viene sezionato il solido (Test A o Test B), l'effetto dell'azione didattica con l'utilizzo della stampante 3D è statisticamente significativo per il riconoscimento della sezione piana di un solido

8. Risposte alle Domande di Ricerca

Sulla base della sperimentazione effettuata e i risultati ottenuti, facendo un confronto su quanto ipotizzato e quanto rilevato si ha:

D1. Quali criteri utilizzano in maniera spontanea i bambini di 5 anni per classificare figure 3D di forme e dimensioni diverse?

R1. Come detto al paragrafo 7.1.1. i dati raccolti per questo aspetto della ricerca non sono stati tutti ancora completamente elaborati dal gruppo degli sperimentatori, tuttavia è stato interessante osservare come la maggior parte dei bambini dopo la somministrazione del percorso didattico abbia utilizzato sempre più criteri di tipo geometrico (forma e dimensioni) nel classificare le figure geometriche a loro presentate piuttosto che di fantasia.

D2. Per un bambino di 5 anni l'effetto di un'azione didattica che prevede l'utilizzo della stampante 3D può essere significativo per lo sviluppo della capacità di astrazione di informazioni da una rappresentazione di un solido per abbinarla ad un disegno che ne rappresenta solo le linee di contorno?

R2. Dall'analisi dei test iniziali e finali è emerso che seppur non con un'evidenza statistica un percorso didattico con l'utilizzo di una stampante 3D comporta sicuramente una migliore capacità di riconoscimento della terza dimensione nella rappresentazione piana di figure solide. Pertanto, l'ipotesi è confermata.

D3. Per un bambino di 5 anni l'effetto di un'azione didattica che prevede l'utilizzo della stampante 3D può essere significativo o meno per il riconoscimento della sezione piana di un solido?

R3. L'individuazione della sezione piana di una figura solida è un'attività alquanto complessa per un bambino in età prescolare. Dai risultati dei test somministrati prima e dopo l'intervento didattico con la stampante 3D, è emerso che indipendentemente da come viene sezionato il solido, l'intervento è efficace pertanto anche in questo caso l'ipotesi è confermata.

9. Conclusioni

Il lavoro di ricerca qui presentato ha voluto mostrare, quanto una stampante 3D possa essere considerata un artefatto di mediazione semiotica per contribuire allo sviluppo della competenza geometrica sin dalla scuola dell'infanzia.

I primi risultati dello studio effettuato attraverso l'analisi dei risultati di test somministrati a bambini in età pre-scolare, prima e dopo un intervento didattico che prevede al suo interno anche l'utilizzo di una stampante 3D, hanno evidenziato che il livello di competenza, acquisito dagli stessi, per la classificazione e il riconoscimento della rappresentazione grafica di una figura solida nonché della sua sezione piana, e quindi in sintesi della "visualizzazione spaziale", è superiore in numero di bambini e qualità di possesso.

Inoltre, l'utilizzo di tale strumentazione all'interno dell'azione didattica favorisce da un lato, quello dei docenti, la progettazione di attività innovative, dall'altro, quello dei bambini, un atteggiamento positivo nei riguardi dell'apprendimento: il coinvolgendo diretto dei bambini nella realizzazione di oggetti concreti, li rende protagonisti attivi e costruttori del proprio apprendimento.

9.1. Limiti della ricerca

La ricerca sperimentale, in quanto tale, presenta sempre dei limiti di cui tenere conto per poterne correttamente interpretare i risultati. Come tutte anche la mia ne presenta alcuni.

Un limite è la numerosità dei bambini, sebbene il campione, complessivamente, sia stato consistente la suddivisione dello stesso in gruppo sperimentale e di controllo, e poi l'ulteriore suddivisione del gruppo sperimentale in: gruppo sperimentale che ha svolto le attività didattiche con e senza la stampante 3D, ha determinato per certi aspetti, una frammentarietà dello stesso tale da incidere sulla significatività dei risultati. Anche il tempo, talvolta ha rappresentato un limite della ricerca. Una mole

così grande di dati da raccogliere spesso ha comportato interventi somministrati in intervalli di tempo piuttosto distanziati. Infine, sebbene tutte le attività di testing, prevedevano un momento di familiarizzazione tra lo sperimentatore e il bambino, in modo da creare quella relazione affettiva fondamentale per un'efficace somministrazione dei test, la numerosità e l'alternanza degli talvolta può aver influito sui bambini più emotivamente sensibili.

9.2. Possibili sviluppi futuri

I risultati emersi dall'analisi dei dati e la criticità riguardo alla frammentazione del campione, stimolano a proseguire le indagini con l'intento di analizzare più approfonditamente le differenze emergenti tra i sotto-test A e B, considerando come variabili di indagine anche il sesso e l'età dei bambini. Un'analisi più approfondita in tal senso, potrebbe orientare ancor più specificamente l'azione didattica degli insegnanti, e contribuire a definire un curriculum verticale maker verticale da includere nelle "normali" programmazioni annuali degli insegnanti facendo divenire prassi quotidiana sperimentato, in modo da colmare quella *deprivazione* geometrica (Clements & Battista, 1992) cui sono sottoposti gli alunni nell'arco della scuola dell'infanzia e durante i primi anni della primaria, favorendo, invece, un atteggiamento positivo nei riguardi delle STEM nella futura carriera scolastica.

10. Bibliografia

- Arrigo, G., & Sbaragli, S. (2004). *Salviamo la geometria solida! Riflessioni sulla geometria dall'infanzia alle superiori*. In: D'Amore B., Sbaragli S. (2004). *Il grande gioco della Matematica 2*. Atti del convegno di Lucca. 10-11 settembre 2004.
- Bartolini Bussi, M. G., & Maschietto, M. (2007). *Macchine matematiche: dalla storia alla scuola*. Springer.
- Bartolini Bussi, M. G., & Mariotti, M. A. (2008). *Mediazione semiotica nella didattica della matematica: artefatti e segni nella tradizione di Vygotskij*. L'insegnamento della matematica e delle scienze integrate, Vol. 32 A-B n.3.
- Bogdan, R., & Biklen, S. K. (2007). *Qualitative research for education. An introduction to theories and methods*. New York: Pearson Education Inc., Allyn & Bacon.
- Caffi, G. (2016). *La stampante 3D come artefatto di mediazione semiotica*. (Doctoral dissertation, Scuola universitaria professionale della svizzera italiana (SUPSI)).
- Canevaro, A. (1997). *Programmazione per sfondi integratori*. La Didattica, 1997, n. 3.
- Carroll, J.B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press Cambridge; New York.
- Clements D. H., & Battista M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* New York, (pp. 420–464).
- Clements, D. H. (1999). *Playing math with young children*. Curriculum Administrator, 35.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2000). *Young children's ideas about geometric shapes*. Teaching Children Mathematics, 6.

- Coggi, C., & Ricchiardi, P. (2005). *Progettare la ricerca empirica in educazione*. Roma: Carocci.
- Cottino, L., & Sbaragli, S. (2004). *Le diverse "facce" del cubo*. Roma: Carocci.
- Crowley M. L. (1987). The van Hiele model of the development of geometric thought. In *Learning and Teaching Geometry, K-12*, 1987 Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics, Mary Montgomery Lindquist, Reston, Va.: National, (pp. 1-16).
- D'Amore, B. (1999). *Elementi di didattica della matematica*. Bologna: Pitagora.
- Dell'Avo, D. (2012). *Il confronto dei mondi 3D e 2D nella scuola dell'infanzia*. (Doctoral dissertation, Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI)).
- Fine, G. A. (1995). *Handbook of qualitative research*. Lincoln (Eds.). Thousand Oaks (California): Sage. (pp. 343-356).
- Frick, A., & Newcombe, N. S. (2015). *Young Children's Perception of Diagrammatic Representations*. *Spatial Cognition & Computation An Interdisciplinary Journal*, 15:4, 227-245.
- Frostig, M., Lefever, D.W., & Whittlesey, J.R.B. (1961). A developmental test of visual perception for evaluating normal and neurologically handicapped children. *Perceptual and Motor Skills*, 12, 383-389.
- Frostig, M., Lefever, D.W., & Whittlesey, J.R.B. (1966). *Administration and scoring manual for the Marianne Frostig Developmental Test of Visual Perception*. Palo Alto, CA, Consulting Psychologists Press.
- Frostig, M., Maslow, P., Lefever, D.W., & Whittlesey, J.R.B. (1964). *The Marianne Frostig Developmental Test of Visual Perception*. 1963 Standardization. *Perceptual and Motor Skills*, 19, 463-499.
- Garzia, M., Mangione, G. R. J., & Esposito, A. (2019). *Verso un curricolo Maker 5-8 K. Principi e applicazioni per lo sviluppo della competenza*

geometrica tramite 3D printing. In Qwerty – Open and Interdisciplinary Journal of Technology, Culture and Education.

Hammil, D. D., Pearson, N. A., Voress, J. K. (1993). *Developmental Test of Visual Perception*. Pro-Ed, Austin, Texas, USA.

Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32, 175-191.

Hershkowitz R. (1989). *Visualization in geometry: Two sides of the coin*. Focus on Learning Problems in Mathematics, vol. 11, pp. 61-76.

Norman, D.A. (1993). *Things that make us smart*. Addison-Wesley Pub. Com (traduz ital. *Le cose che ci fanno intelligenti*. Feltrinelli, 1995).

Papert, S. (1986). Constructionism: A new opportunity for elementary science education. NSF Grant Application.

Piaget, J., & Inhelder, B. (1979). *La rappresentazione dello spazio nel bambino*. Firenze: Giunti e Barbera.

Sbaragli, S., & Mammarella, I. C. (2010). *L'apprendimento della geometria*. In: D. Lucangeli, & I. C. Mammarella (A cura di), *Psicologia della cognizione numerica. Approcci teorici, valutazione e intervento* Milano: Franco Angeli. (pagg. 107-135).

Russell-Gebbett, J. (1984). *Pupils' perceptions of threedimensional structures in biology lessons*. *Journal of Biological Education*, 18, 220–226.

Russell-Gebbett, J. (1985). Skills and strategies: Pupils' approaches to three-dimensional problems in biology. *Journal of Biological Education*, 19, 293–297.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies - Approche cognitive des instruments contemporains*. A. Colin, Paris.

Ratliff, K. R., McGinnis, C. R., & Levine, S. C. (2010). *The Development and Assessment of Cross-Sectioning Ability in Young Children*. Proceedings of the 32nd Annual Conference of Cognitive Science Society.

Saukko, P. (2005). Methodologies for cultural studies. An integrative approach. In N. K. Denzin, Y. S.

Semeraro, R. (2014). *L'analisi qualitativa dei dati di ricerca in educazione*. Italian Journal Of Educational Research, (7), 97-106.

van Hiele P.M. (1986). *Structure and insight. A theory of Mathematics Education*, Academic Press., Orlando, USA.

Vygotskij, L. S. (1978). *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.

Vygotskij, L. S. (1990). *Pensiero e linguaggio. Ricerche psicologiche*. Laterza, Roma-Bari (Myšlenie i rec'. Psichologičeskie issledovanija. Gosudarstvennoe Social'no-Ekonomičeskoe Izdatel'stvo, Moskva-Leningrad 1934).

Wartofsky, M. (1979). Perception, Representation, and the Forms of Action: Towards an Historical Epistemology. In: Models. Representation and the Scientific Understanding. D. Rei.

11. Appendice 1: Il setting tecnologico

Un progetto didattico incentrato sull'utilizzo di una stampante 3D richiede un setting tecnologico, i cui elementi sono i seguenti:

- un software di modellazione CAD⁴ per disegnare la propria idea e salvare il disegno in formato *.stl*.
- un software associato alla stampante 3D, per aprire il file *.stl* e “rifinire” i dettagli per la qualità di stampa e ris salvare il file in formato *.g-code*
- una stampante 3D.

Riguardo al software di modellazione didattica, l'INDIRE ha sviluppato un software gratuito web -based, con un'interfaccia di utilizzo semplice e intuitiva vicino alle esigenze dell'ambiente scolastico: “**SugarCad**”.

Il team di sviluppo che ha contribuito alla realizzazione del software è stato costituito non solo da tecnici del settore informatico ma anche psicologi, pedagoghi e insegnanti, in modo da rispondere alle esigenze di un'interfaccia per essere utilizzato da studenti (e docenti) di fasce di età molto basse: scuola dell'Infanzia e scuola Primaria.

SugarCAD è un CAD online raggiungibile all'indirizzo: <http://3d.indire.it/sugarcad>

⁴ CAD: Computer Aided Design

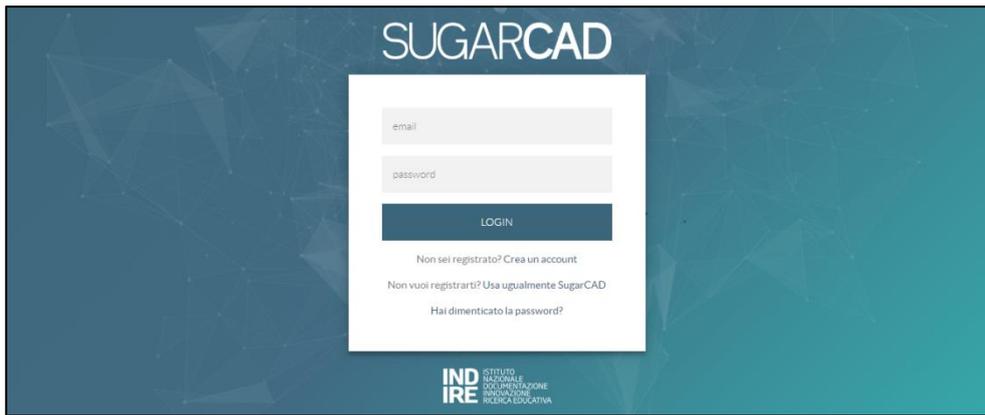


Figura 22 – Pagina di accesso a SugarCAD

Per poter utilizzare SugarCAD in tutti i suoi aspetti⁵ è necessario registrarsi come utente: all'accesso al sito, se non autenticati, verrà proposta una maschera di login. Cliccando su "Crea un account" l'utente potrà registrarsi gratuitamente inserendo tutte le informazioni richieste.

Esiste anche una modalità anonima, che consente a chiunque di poterlo provare senza effettuare alcuna registrazione. Ovviamente in questa modalità non saranno disponibili tutte le funzionalità dedicate agli utenti registrati (ad esempio non sarà possibile salvare i progetti realizzati).

Effettuato il login, l'utente può scegliere se disegnare a mano libera o utilizzare le forme geometriche predefinite.

⁵ Per approfondimenti: <http://3d.indire.it/sugarcad/docs/>



Figura 23 - Scelta tipologia di ambiente

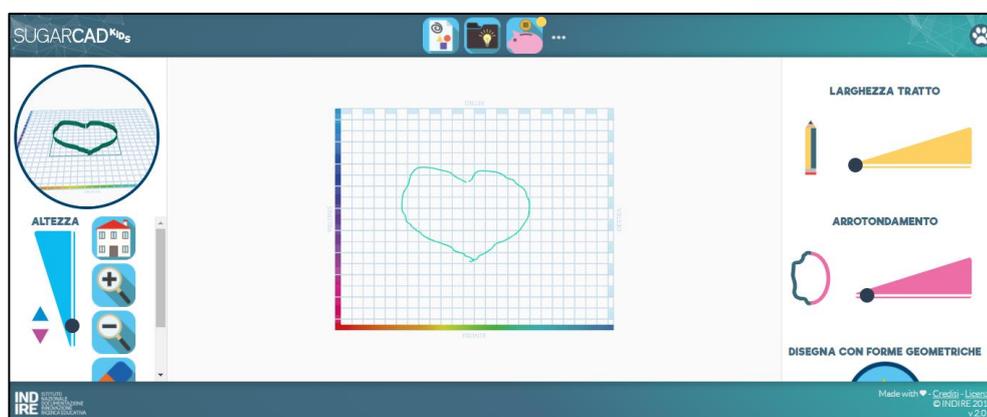


Figura 24 - Homepage disegno a mano libera

Inoltre, poiché come detto è stato progettato per essere utilizzato in ambiente scolastico, è dotato di diverse interfacce che mettono a disposizione strumenti più o meno avanzati. Nel caso di scelta delle forme geometriche è possibile disporre di funzionalità specifiche per l'età. Sono previsti tre livelli:

Kids – è il livello che presenta le funzionalità più semplici ed un'interfaccia con le forme studiate appositamente per essere utilizzati dai bambini in tenera età.

Base – è il livello con le funzionalità basilari. È il livello assegnato di default ad ogni utente al momento della registrazione.

Avanzato – è il livello con le funzionalità più complesse.

Per selezionare il livello specifico si procede dalla pagina del profilo personale:

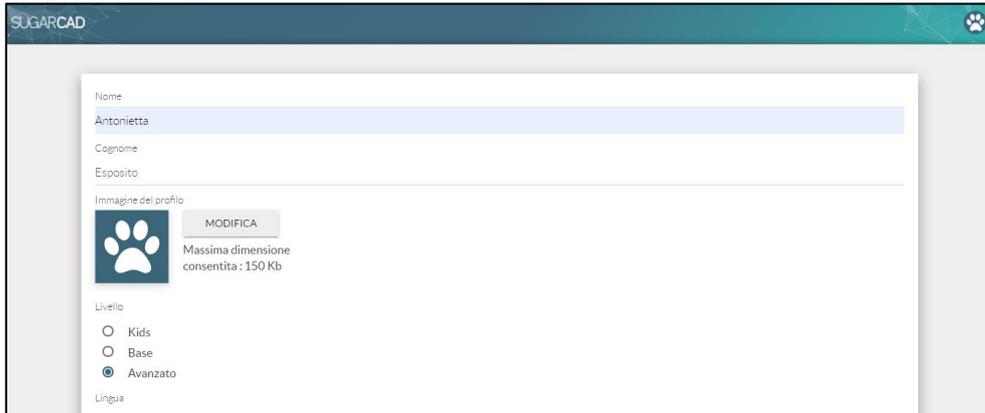


Figura 25 - Scelta del livello

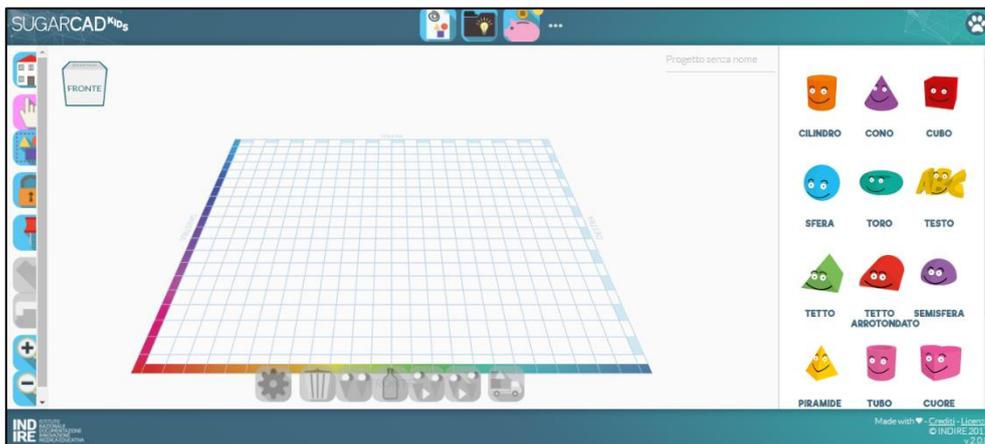


Figura 26 - Homepage livello Kids

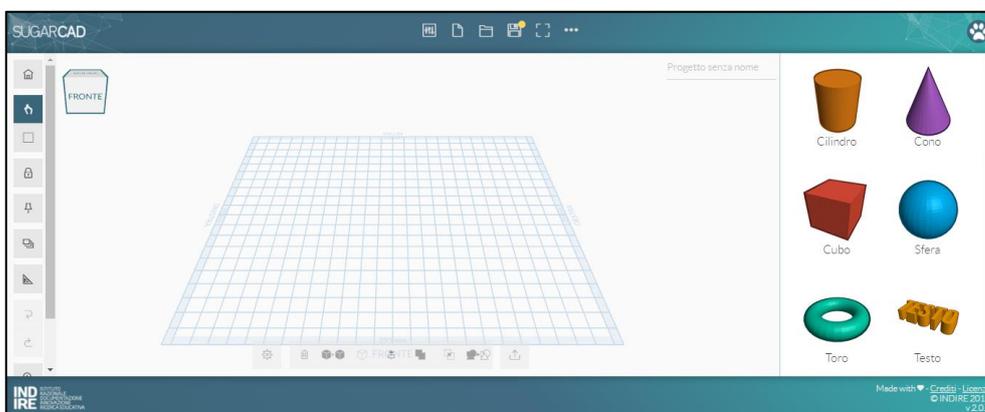


Figura 27 - Homepage livello Base

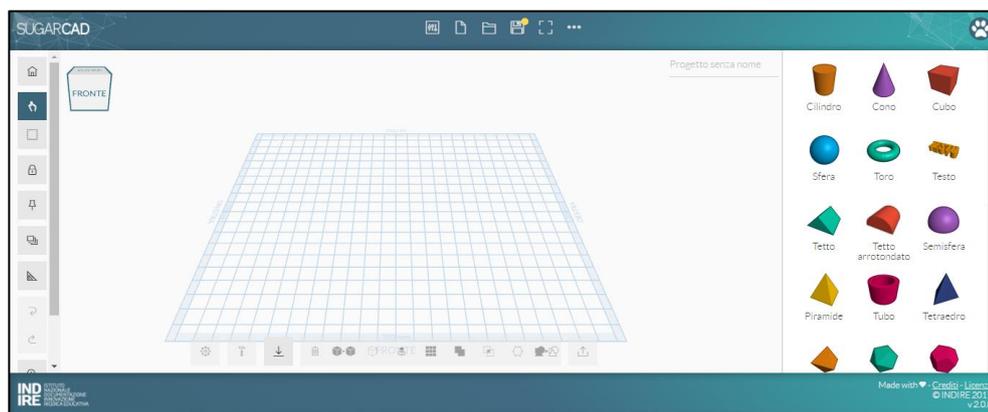


Figura 28 - Homepage livello Avanzato

12. Appendice 2: Il progetto di ricerca “Didattica laboratoriale multidisciplinare”

Il progetto di ricerca ha come obiettivi lo sviluppo di soluzioni e modelli avanzati anche attraverso un utilizzo integrato e funzionale delle ICT a supporto della didattica laboratoriale, lo sviluppo di prototipi software ed hardware, progettazioni didattiche e relativi percorsi per la formazione dei docenti relativi al coding e infine lo sviluppo di prototipi software e progettazioni didattiche basati sulle potenzialità offerte dai mondi virtuali, dalla realtà immersiva e aumentata, in coerenza con l’Obiettivo Specifico 10.8 “Diffusione della società della conoscenza nel mondo della scuola e della formazione e adozione di approcci didattici innovativi (FSE)” e l’Azione 10.8.4 “Formazione del personale della scuola su tecnologie e approcci metodologici innovativi”.

L’Indire, a partire dal 2016, ha infatti intrapreso un’attività di ricerca e sperimentazione finalizzata al ripensamento/innovazione e alla riorganizzazione della didattica attraverso un approccio di tipo attivo e laboratoriale. Si presuppone, infatti, che tali metodi e strategie siano in grado di fornire agli insegnanti modelli alternativi rispetto alla lezione frontale e possano essere capaci di coinvolgere attivamente gli studenti in situazioni di costruzione delle conoscenze e di sviluppo delle competenze. Questo in un’ottica disciplinare, interdisciplinare e trans-disciplinare e con modalità che tengano conto delle specifiche caratteristiche cognitive e delle attitudini di tutti gli alunni. In questo contesto, per didattica laboratoriale si intende una didattica in cui contenuti, metodi e strumenti siano strettamente connessi.

Gli obiettivi principali del progetto di ricerca sono:

- individuare e definire modelli e strategie laboratoriali per la didattica disciplinare, interdisciplinare e/o trans-disciplinare, anche attraverso un uso integrato e funzionale delle tecnologie;
- individuare, definire e realizzare prototipi di strumenti software e hardware a supporto della didattica laboratoriale;

- progettare e sperimentare soluzioni a supporto dell'innovazione curricolare e della valorizzazione degli apprendimenti informali e non formali;
- individuare, promuovere e documentare buone pratiche di didattica laboratoriale multidisciplinare.

All'interno del progetto sono state individuate 5 specifiche aree di attività di ricerca:

1. Area Maker e Nuove Tecnologie per la Didattica
2. Area Musica
3. Area Didattica immersiva
4. Area Linguistica-umanistica
5. Area Matematico-scientifica

Si riporta di seguito la finalità della linea di ricerca dell'area maker:

Area Maker

La crescente popolarità della didattica laboratoriale sta mettendo in evidenza che è possibile impegnare gli studenti, anche molto giovani, nell'uso complesso della tecnologia a supporto della sperimentazione di nuove metodologie didattiche a carattere laboratoriale. La democratizzazione dell'innovazione promossa dal movimento Maker e l'evoluzione delle nuove tecnologie consentono a tutti di contribuire all'innovazione: il loro ingresso anche nella scuola ha inevitabilmente comportato una crescente innovazione didattica, basata sull'attivismo pedagogico. Questa ricerca, basata sulla didattica laboratoriale multidisciplinare e sul laboratorio di fabbricazione digitale (Maker space/Fablab), fornisce uno spazio protetto, che permette agli studenti di affrontare una nuova e profonda esperienza: il fallimento. Imparare a gestire l'errore – qualcosa di raramente insegnato nelle scuole – si rivela infatti un vantaggio educativo cruciale. Attraverso cicli di errore e riprogettazione gli studenti non solo hanno sviluppato progetti incredibilmente originali e complessi, ma hanno maturato un atteggiamento più tenace e hanno imparato a lavorare in squadre eterogenee, migliorando nella gestione della diversità intellettuale.