

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea Magistrale in Informatica

Productive Failure:
**Studio e sperimentazione della metodologia
didattica nella materia Informatica di un
liceo scientifico**

Relatore:
Chiar.mo Prof.
RENZO DAVOLI

Presentata da:
ALESSANDRO SERRA

Correlatori:
Prof. MICHAEL LODI
Dott. MARCO SBARAGLIA

Sessione I
Anno Accademico 2019/2020

*Dedicata a chi mi ha sempre voluto bene
e sostenuto ...*

Abstract

L'informatica da pochi anni è diventata materia di indirizzo nei licei scientifici con indirizzo "Scienze Applicate". Questa novità ha obbligato a ripensare a quali potrebbero essere le metodologie didattiche migliori per l'insegnamento della materia all'interno di questo nuovo contesto scolastico. Dopo aver introdotto le varie teorie dell'apprendimento, comportamentiste, cognitiviste e costruttiviste, questo lavoro di tesi illustra una nuova metodologia didattica chiamata *productive failure*, proposta dal professor Manu Kapur. Verranno descritte le varie fasi di lavoro in cui si articola una ricerca empirica in educazione, secondo le indicazioni delle professoressa di pedagogia Cristina Coggi e Paola Ricchiardi. Questo elaborato illustra poi una sperimentazione didattica svolta secondo la metodologia del *productive failure* nella materia informatica in una classe di liceo scientifico, di opzione scienze applicate. In particolare la sperimentazione riguarda un'unità didattica dedicata agli algoritmi di ricerca ed ordinamento. Si è inteso valutare l'effettiva efficacia della metodologia del *productive failure* rispetto alle metodologie di insegnamento tradizionali utilizzate al liceo per l'insegnamento dell'informatica, spesso di stampo istruttivista. La sperimentazione ha evidenziato miglioramenti sul gruppo di studenti che vi hanno preso parte, sia dal punto di vista degli apprendimenti, sia dal punto di vista della partecipazione e del gradimento.

Introduzione

Dall'anno scolastico 2014-2015 nei licei scientifici è stato introdotto un nuovo indirizzo di studi chiamato “Scienze Applicate”, dove sono previste due ore settimanali di informatica per la prima volta all'interno di un liceo. L'informatica era già presente in alcuni indirizzi di studio di istituti tecnici e professionali, dove il suo insegnamento risulta generalmente più applicativo e nella maggior parte dei casi meno teorico-scientifico di quanto sia previsto per il liceo scientifico. Questo nuovo contesto didattico richiede che l'insegnamento dell'informatica individui e sperimenti nuove tecnologie didattiche, più adatte al percorso del liceo scientifico, anche alla luce di specifiche indicazioni nazionali[15].

Questa tesi propone la metodologia del *productive failure*[9, 10] come possibile alternativa alle metodologie di insegnamento più tradizionali, ancora oggi largamente adottate nei licei italiani. Nella prima parte verranno illustrate e descritte le teorie e metodologie dell'apprendimento storicamente più usate e riconosciute nell'ambito dell'insegnamento scolastico. Successivamente verranno descritte le principali modalità e relative fasi necessarie a progettare una valida ricerca empirica in educazione, secondo le indicazioni di uno dei più noti e seguiti testi di riferimento, “Progettare la ricerca empirica in educazione” di Coggi e Ricchiardi[6].

La parte centrale di questo lavoro è la descrizione di una sperimentazione didattica da me condotta secondo la metodologia del *productive failure*, che si è svolta con due gruppi di studenti del terzo anno iscritti all'indirizzo di “Scienze Applicate”, presso il liceo scientifico Malpighi della città di Bologna, nella materia informatica. Durante questa sperimentazione, che ha riguardato un'unità didattica relativa agli algoritmi di ordinamento e ricerca, sono state raccolte varie tipologie di dati riguardanti sia i risultati di apprendimento sia il gradimento degli studenti, con lo scopo di valutare l'efficacia

della metodologia del productive failure rispetto ad una metodologia di insegnamento più tradizionale.

In conclusione, per valutare l'efficacia della metodologia del productive failure, i dati raccolti sono stati analizzati e confrontati, tenendo conto dei vari fattori di rischio noti per questa tipologia di ricerche, e anche della situazione molto particolare e senza precedenti caratterizzata dallo svolgimento di lezioni a distanza a causa della pandemia del "COVID-19".

Indice

| | |
|--|-----------|
| Abstract | i |
| Introduzione | ii |
| 1 Teorie e paradigmi dell'apprendimento | 1 |
| 1.1 Teorie dell'apprendimento | 1 |
| 1.1.1 Comportamentismo: principi e caratteristiche | 2 |
| 1.1.2 Cognitivismo: principi e caratteristiche | 4 |
| 1.1.3 Costruttivismo: principi e caratteristiche | 6 |
| 1.2 Productive failure e le teorie moderne | 9 |
| 1.2.1 Productive failure | 11 |
| 2 Progettazione della ricerca | 16 |
| 2.1 Progettare la ricerca in educazione | 16 |
| 2.1.1 Individuazione del tema | 17 |
| 2.1.2 Individuazione degli scopi | 18 |
| 2.1.3 Individuazione del problema | 18 |
| 2.1.4 Formulazione delle ipotesi e delle variabili | 19 |
| 2.1.5 Pianificazione | 19 |
| 2.1.6 Campionamento | 22 |
| 2.1.7 Strumenti | 22 |
| 2.2 Soggetti dello studio | 23 |
| 2.2.1 Il gruppo sperimentale | 25 |
| 2.2.2 Il gruppo di controllo | 27 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.3 | Strutturazione dell'attività | 28 |
| 3 | Sperimentazione in classe | 31 |
| 3.1 | Svolgimento delle lezioni sul gruppo sperimentale | 32 |
| 3.1.1 | Prima lezione | 32 |
| 3.1.2 | Seconda lezione | 34 |
| 3.1.3 | Terza Lezione | 36 |
| 3.1.4 | Quarta Lezione | 39 |
| 3.1.5 | Quinta Lezione - Verifica degli apprendimenti | 41 |
| 3.2 | Le lezioni con il gruppo di controllo | 42 |
| 3.2.1 | Prima Lezione | 42 |
| 3.2.2 | Seconda Lezione | 43 |
| 3.2.3 | Terza Lezione | 43 |
| 3.2.4 | Quarta Lezione | 44 |
| 3.2.5 | Quinta Lezione - Svolgimento verifica degli apprendimenti | 45 |
| 3.3 | Considerazioni | 45 |
| 4 | Rilevazione dei dati | 48 |
| 4.1 | Dati raccolti sul gruppo sperimentale | 48 |
| 4.1.1 | Situazione iniziale | 48 |
| 4.1.2 | Situazione finale | 55 |
| 4.2 | Dati raccolti sul gruppo di controllo | 62 |
| 4.2.1 | Situazione iniziale | 62 |
| 4.2.2 | Situazione finale | 69 |
| 4.3 | Confronto dei dati | 77 |
| 4.3.1 | Situazione iniziale | 77 |
| 4.3.2 | Situazione finale | 80 |
| 4.3.3 | Evoluzione dei dati sui due gruppi | 81 |
| | Conclusioni | 86 |
| A | Prima Appendice | 89 |
| A.1 | Questionario di gradimento | 89 |

| | |
|--|-----------|
| A.2 Esempi di esercizi di verifica degli apprendimenti | 91 |
| B Seconda Appendice | 94 |
| B.1 Licenza | 94 |
| Bibliografia | 95 |

Capitolo 1

Teorie e paradigmi dell'apprendimento

In questo capitolo vengono illustrate alcune delle teorie e paradigmi dell'apprendimento storicamente più influenti, partendo da una descrizione degli aspetti caratteristici di ciascuno, per poi passare a una illustrazione delle varie teorie[13]. Infine si conclude con una presentazione più approfondita delle teorie applicate e studiate durante questa attività di ricerca, nello specifico verrà trattato l'approccio costruttivista ed infine la metodologia didattica chiamata "productive failure".

1.1 Teorie dell'apprendimento

Con teorie dell'apprendimento si intende quell'insieme di conoscenze volto a descrivere come gli studenti, o più in generale le persone, imparano. Queste teorie, o almeno quelle storicamente più famose e sostenute dalla letteratura, principalmente sono figlie delle seguenti discipline:

- Psicologia
- Pedagogia
- Filosofia

Le teorie dell'apprendimento sviluppate nel corso degli anni, visto il loro grande numero, sono state a loro volta raggruppate in ripartizioni che prendono il nome di paradigmi di apprendimento, o paradigmi educativi, in modo tale da poterle classificare in base ai loro tratti ed idee più comuni. Una parte della letteratura e della ricerca in didattica individua i seguenti paradigmi di apprendimento principali:

- Comportamentismo
- Cognitivismo
- Costruttivismo

Altri autori dividono le teorie dell'apprendimento in altre due macro-categorie:

- Istruttivismo
- Costruttivismo

Nelle sezioni successive verranno descritti i tre paradigmi principali sopra elencati, illustrando i loro principi ed idee fondamentali, indicando anche le eventuali macro-categorie di appartenenza, prestando particolare attenzione al paradigma di apprendimento costruttivista.

1.1.1 Comportamentismo: principi e caratteristiche

Le teorie dell'apprendimento che seguono il paradigma didattico comportamentista hanno dominato l'ideologia e la visione della didattica durante la prima metà del XX secolo. I punti cardine di queste teorie si basano principalmente sui seguenti aspetti[2]:

- L'educazione ha come scopo la formazione di un comportamento desiderabile negli studenti
- L'apprendimento è visto come un cambiamento nella forma, o nella frequenza, dei comportamenti osservabili negli studenti
- Gli studenti sono visti come contenitori vuoti, che ricevono in maniera passiva le informazioni

- L'istruzione è intesa come un processo ripetitivo
- Gli insegnanti modellano il comportamento degli studenti attraverso il rinforzo

L'approccio comportamentista è uno dei primi a sostenere una tipologia di insegnamento di stampo istruttivista, il cui obiettivo principale si riassume nella trasmissione della conoscenza verso gli studenti, o persone, che sono visti come delle scatole nere, dal momento queste teorie vogliono solo studiare i comportamenti esterni osservabili e non i processi mentali interni, e come contenitori vuoti, si pensa alla "tabula rasa" e alla conoscenza come qualcosa di oggettivo che si può trasmettere. Il focus principale di questo paradigma non è quindi tanto lo studente, visto solo come un recipiente da riempire di conoscenza, ma piuttosto è concentrato sulla struttura e sulla presentazione del materiale didattico[7]. Alcune delle più affermate e riconosciute teorie dell'apprendimento, classificate all'interno di questo paradigma, sono illustrate di seguito.

Istruzione Programmata

Teoria dell'apprendimento elaborata dallo psicologo Burrhus F. Skinner, si basa sulla teorizzazione del seguente insieme di comportamenti assunti dallo studente:

1. Piccoli passi: lo studente ottiene piccole quantità di informazioni e procede da una attività, task, verso la successiva, in una successione ben ordinata, step-by-step.
2. Risposta palese: gli studenti devono fornire una risposta palese al problema o passo che stanno svolgendo, in modo tale che l'insegnante possa rinforzare le risposte corrette e correggere quelle sbagliate.
3. Feedback immediato: agli studenti viene fornita una risposta immediata se hanno eseguito (o risposto) bene o meno all'attività (o quesito).
4. Self-Pacing: lo studente lavora e svolge le attività proposte in questa metodologia alla propria velocità.

Mastery Learning

Teoria conosciuta anche come apprendimento per padronanza, è una teoria proposta dallo psicologo e pedagogista Benjamin S. Bloom. Allo studente viene richiesto di seguire

un percorso propedeutico in cui non è possibile passare ad una fase più complessa se prima non si è dimostrato di aver acquisito una sufficiente competenza, o padronanza delle conoscenze, nell'unità di apprendimento in corso.

Nonostante le teorie appartenenti a questo paradigma didattico risultino ormai datate, e in un certo senso superate, la maggior parte degli insegnanti attualmente condivide alcune idee e concetti appartenenti a questo paradigma, in particolare è molto comune fra i docenti descrivere l'idea dell'insegnamento come trasmissione di conoscenza.

1.1.2 Cognitivismo: principi e caratteristiche

Le prime teorie appartenenti al paradigma didattico cognitivista iniziano a prendere piede intorno al 1950, con lo scopo di superare le idee e proposte delle precedenti teorie comportamentiste, ma soprattutto con l'idea di cambiare il focus: si passa a studiare lo stato mentale interno delle persone durante l'apprendimento. I cognitivisti iniziano a studiare il processo di elaborazione delle informazioni nelle persone, in particolar modo vedono il cervello come un elaboratore di informazioni e il pensiero come una sorta di elaborazione, fino a creare una analogia con l'elaborazione delle informazioni all'interno dei computer. Le teorie cognitive si basano principalmente sulle seguenti idee e principi:

- L'intento dell'educazione è far sì che chi deve apprendere, cioè gli studenti, ricordi ed applichi le conoscenze.
- L'apprendimento consiste in un cambiamento degli schemi mentali.
- Si enfatizza la strutturazione, organizzazione e sequenziamento delle informazioni nella mente.
- Gli studenti sono gli elaboratori delle informazioni.
- Gli insegnanti facilitano e guidano verso una elaborazione ottimale delle informazioni.

Dal punto di vista filosofico il cognitivismo sposta l'attenzione da un focus più oggettivo dell'indagine sui metodi e sui fondamenti della conoscenza, tipico dell'approccio comportamentista, verso un approccio più costruttivista. L'insegnante infatti tiene traccia dei

processi cognitivi necessari degli studenti ma allo stesso tempo rimane l'idea istruttivista, tipicamente comportamentista, secondo cui è necessario tenere in conto anche di come viene trasmessa la conoscenza dall'esterno.

Importanti sono anche le varie teorie e concetti elaborate all'interno della corrente di pensiero cognitivista, che verranno descritte nelle successive sezioni.

Il modello dei “Magazzini di memoria”

Modello proposto da Richard Atkinson e Richard Shiffrin[1] secondo il quale la memoria si divide funzionalmente in:

- Magazzino di memoria sensoriale: settore che riceve gli stimoli sensoriali e che ha una capacità di conservazione delle informazioni molto limitata, di pochi secondi. Questo magazzino può ricevere informazioni da un organo sensoriale alla volta.
- Magazzino di memoria a breve termine (MBT/STM): settore in grado di contenere informazioni che vengono ricordate per alcune decine di secondi o pochi minuti.
- Magazzino di memoria a lungo termine (MLT/LTM): settore in grado di contenere informazioni che vengono ricordate per periodi di tempo prolungati e, una volta immagazzinate nel cervello, queste possono essere recuperate quando necessario; per poter accedere ed utilizzare la conoscenza, contenuta all'interno di questo settore, è necessario trasferirla nel magazzino di memoria a breve termine.

Teoria del “Carico cognitivo”

Termine coniato dallo psicologo John Sweller, si può tradurre nel carico imposto alla memoria di lavoro dall'informazione presentata, questo carico può essere distinto in tre tipologie:

- Estraneo: carico determinato da una carente progettazione nel modo di presentare l'informazione.
- Intrinseco: carico determinato dalla naturale complessità dell'informazione che bisogna processare.

- **Pertinente:** carico determinato dallo sforzo necessario per l'apprendimento dell'informazione.

I concetti di “schemi” e “modelli mentali”

Introdotti dallo psicologo Philipp J. Laird, si intendono strutture cognitive semi-analogiche capaci di rappresentare specifici stati di cose e relativi processi inferenziali. Più semplicemente un modello mentale può anche essere inteso come la rappresentazione delle caratteristiche percettive degli oggetti reali, che corrispondono più a punti di vista sul modello, piuttosto che al modello stesso.

L'idea di preconetto e di misconetto

Con preconetto si intende qualcosa di concepito mentalmente prima di essere stato conosciuto o sperimentato, impedisce la formulazione di un giudizio obiettivo della realtà. Con il termine misconetto invece si intende qualcosa di concepito mentalmente che confligge con quanto ritenuto corretto in un dato periodo storico dalla comunità scientifica. Spesso le misconcezioni derivano da una analisi errata di una esperienza reale.

Scopo delle teorie cognitive

Riassumendo, lo scopo delle teorie cognitive è quello di porre il focus sulla riorganizzazione delle informazioni per facilitare la loro acquisizione ed elaborazione, queste teorie si individuano in una via di mezzo fra una visione istruttivista e una visione più costruttivista.

1.1.3 Costruttivismo: principi e caratteristiche

Il paradigma costruttivista, e le sue teorie dell'apprendimento, nascono durante il XX secolo, con lo scopo di contrapporsi ai capisaldi delle idee istruttiviste dello stesso periodo, soprattutto in contrasto con l'idea della conoscenza vista semplicemente come qualcosa trasmesso dagli insegnanti agli studenti. Dal punto di vista filosofico il paradigma costruttivista presuppone l'assenza di una conoscenza unicamente proveniente dall'esterno, ma sostiene che questa è anche costruita attraverso l'esperienza personale

o di gruppo, a seconda del contesto. Il focus di interesse di questo movimento si sposta verso un'idea studente-centrica, si sposta verso metodi di apprendimento più attivi, lo studente non è più visto come una scatola vuota da riempire e partecipante passivo dei suoi processi di apprendimento.

Questo paradigma assume più forme e linee di pensiero, più o meno radicali, ma tutte le teorie fondate su questo paradigma condividono quanto segue[20]:

- L'apprendimento di qualcosa di nuovo si basa sulla conoscenza e gli interessi preesistenti dello studente in un determinato contesto.
- L'apprendimento si basa sulla costruzione di nuove comprensioni, attraverso l'interazione fra le conoscenze preesistenti e le nuove esperienze.

All'interno di questo paradigma si distinguono in maniera chiara due correnti differenti, il costruttivismo cognitivo e il socio-costruttivismo.

Costruttivismo Cognitivo

Questa corrente del costruttivismo fonda i suoi punti cardine nell'opera di vari teorici: nelle teorie dello psicologo e pedagogista Jean Piaget[18] per quanto riguarda le fasi dello sviluppo del bambino, ma anche nelle teorie dello psicologo Jerome Bruner, uno dei primi a proporre la teoria dell'apprendimento per scoperta, ed infine trova le sue basi anche nelle teorie del filosofo e pedagogista John Dewey, grande sostenitore dell'apprendimento pratico e della educazione sperimentale. Le peculiarità e le idee principali che caratterizzano questa corrente del paradigma costruttivista possono essere così riassunte:

- L'obiettivo dell'educazione è permettere agli studenti di creare nuova conoscenza.
- L'apprendimento è il processo attraverso il quale si costruisce significato.
- Si pone l'enfasi sull'apprendimento per scoperta.
- Gli allievi costruiscono nuova conoscenza basandosi sulle conoscenze già acquisite e sulle esperienze passate.
- Gli insegnanti facilitano il processo di scoperta fornendo gli strumenti necessari.

La teoria dell'apprendimento per scoperta, di Jerome Bruner, sostiene che gli allievi sono più propensi ad apprendere concetti ed informazioni se sono loro stessi a scoprirle, ad applicarle, in base alle loro conoscenze già acquisite, e a strutturarle all'interno delle loro esperienze di vita.

Socio-Costruttivismo

Il socio-costruttivismo vede teorizzati i suoi punti chiave nelle teorie proposte dallo psicologo e pedagogista Lev Vygotsky[23], uno dei primi teorici a proporre l'idea di conoscenza costruita attraverso l'interazione sociale, riconosciuto anche per la teoria delle zone di sviluppo prossimale (ZPD), attraverso la quale illustra come l'apprendimento dei bambini si sviluppi principalmente attraverso l'aiuto degli insegnanti. I principi chiave individuati all'interno di questa corrente si possono riassumere nei seguenti punti:

- L'obiettivo dell'educazione per gli studenti è creare conoscenza collaborando
- L'apprendimento è la costruzione di conoscenze e norme attraverso l'interazione sociale.
- Gli studenti sono partecipanti attivi del processo di apprendimento.
- Gli insegnanti facilitano e favoriscono le interazioni sociali e il lavoro collaborativo fra gli studenti.

A differenza del costruttivismo cognitivo, dove il soggetto è principalmente l'allievo nella sua singolarità, il socio-costruttivismo sposta la sua attenzione e focus non tanto sul singolo alunno, ma sul lavoro di gruppo e di scoperta di più studenti.

Altro contributo fondamentale sviluppato all'interno del paradigma costruttivista è il concetto di scaffolding, letteralmente traducibile in italiano come impalcatura, particolarmente utilizzato da Vygotsky all'interno della sua teoria socio-costruttivista, ma ufficialmente introdotto da J. Bruner, D. Wood e G. Ross[3]. Con questo concetto viene indicato il processo attraverso cui si consente a uno studente di completare uno specifico compito o risolvere un determinato problema, attraverso il controllo degli elementi, conoscenze, che sono inizialmente al di fuori delle sue abilità; attraverso la concentrazione

e lo sviluppo di queste conoscenze lo studente sarà poi in grado di completare l'attività o risolvere il problema.

1.2 Productive failure e le teorie moderne

La maggior parte delle moderne teorie dell'apprendimento si basano sulle idee e sui capisaldi definiti all'interno del paradigma costruttivista, sicuramente perché questo approccio ha visto la sua nascita in tempi più recenti rispetto agli approcci comportamentisti e cognitivisti, e molte di queste nuove teorie sono oggetto di studi di ricerca in ambito educativo. Prima di descrivere in maniera dettagliata la metodologia didattica del "productive failure", è bene illustrare il panorama delle teorie più attuali già affermatesi e discusse in ambito di ricerca educativa[2, 11]:

Apprendimento Attivo

Con apprendimento attivo, dall'inglese "active learning", si intendono una serie di pratiche e metodologie dove viene enfatizzata e promossa la curiosità dell'allievo, attraverso un apprendimento attivo e non passivo; si tratta in parte di una modernizzazione della teoria dell'apprendimento per scoperta di Jerome Bruner.

Apprendistato cognitivo e apprendimento situato

Si fa riferimento a un modello di istruzione pratica, quindi attiva, che cerca di rimediare alle ipotesi errate e alle misconcezioni spesso fatte dagli insegnanti riguardo a come gli allievi apprendono, fra cui:

- Gli studenti trasferiscono automaticamente la conoscenza scolastica alla pratica quotidiana.
- Gli studenti sono destinatari passivi della conoscenza.
- L'apprendimento è il risultato diretto derivato dal fornire lo stimolo giusto allo studente per ottenere la risposta corretta.

- Le menti degli allievi sono intese come “tabula rasa”, senza contesto, per l’apprendimento.
- La conoscenza può essere acquisita indipendentemente dal contesto.

Problem-Based Learning (PBL)

Approccio secondo il quale ci si aspetta che gli studenti sintetizzino e costruiscano conoscenze per risolvere problemi realistici, che vengono stabiliti all’inizio della lezione o del modulo. Anche questa metodologia trova le sue basi nella teoria costruttivista dell’apprendimento per scoperta di Jerome Bruner.

Inquiry-Based Learning

Il focus di questa metodologia è l’utilizzo delle risorse disponibili in rete per migliorare l’attività di apprendimento, cercando di emulare il metodo scientifico: gli allievi formulano domande, raccolgono e analizzano dati e cercano di spiegarli creando conoscenza teorica.

Collaborative Learning

Attraverso l’attività di collaborazione, ad esempio lavori di gruppo, gli allievi condividono conoscenza, mettono in condivisione il loro materiale e interagiscono all’interno del gruppo per produrre risultati teoricamente più completi e robusti rispetto a quelli che riuscirebbe ad ottenere un allievo singolarmente: è una modernizzazione delle teorie proposte da Lev Vygotsky all’interno del socio-costruttivismo.

Cooperative Learning

Attraverso l’attività di collaborazione gli allievi sviluppano conoscenza, a differenza del Collaborative Learning ogni membro del gruppo mantiene un ruolo definito e preciso per il lavoro da svolgere, e ogni membro del gruppo, in egual modo, è responsabile dell’apprendimento degli altri membri. In questa metodologia è fondamentale prestare attenzione all’interdipendenza positiva, che consiste nella percezione di essere collegati

con gli altri in modo tale che il singolo non può avere successo senza fare gruppo, e viceversa.

Costruzionismo

Teoria dell'apprendimento sviluppata dal matematico e pedagogista Seymour Papert, che condivide le idee costruttiviste secondo cui l'apprendimento è visto come la costruzione di strutture di conoscenza, ma pone enfasi sul fatto che ciò avviene ancora meglio in contesti in cui l'allievo è consapevolmente ed emotivamente coinvolto nell'attività. Il costruzionismo si può intendere anche come una sorta di approccio minimalista all'insegnamento: di fatto uno degli obiettivi di questa metodologia e teoria è produrre negli studenti la maggior conoscenza possibile per il grado di insegnamento minimo[16].

Apprendimento creativo

Metodologia proposta e sviluppata da Mitchel Resnick[19], direttore del Lifelong Kindergarten presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT), che mette al centro la dimensione creativa degli allievi per costruire nuova conoscenza. I punti cardine di questa metodologia possono essere riassunti nelle "4 P":

- *project*, gli studenti apprendono meglio quando lavorano su progetti significativi;
- *peers*, l'apprendimento è inteso come attività sociale, gli studenti condividono idee, collaborano per progetti e si basano sul lavoro reciproco;
- *passion*, quando gli studenti lavorano su progetti a cui tengono, lavorano più a lungo e più duramente, persistono di fronte alle sfide e imparano di più nel processo;
- *play*, l'apprendimento implica una sperimentazione ludica, come: provare cose nuove, armeggiare con materiale, testare i confini, assumersi dei rischi.

1.2.1 Productive failure

L'ultima metodologia, e teoria dell'apprendimento, di stampo moderno che viene esposta in maniera più approfondita è la metodologia del productive failure. Questa metodologia vede la sua nascita e prima teorizzazione nell'ultimo decennio, ed è stata anche

l'oggetto di studio sperimentale illustrato in questo elaborato. Questa metodologia ha le sue origini negli studi condotti dal professor Manu Kapur del dipartimento di scienze umanistiche, sociali e politiche dell'università di Zurigo. La metodologia del productive failure propone, in ambito didattico e non solo, l'insuccesso (Failure) come punto focale nell'apprendimento e nella risoluzione dei problemi (Productive)[9, 10]. Questa metodologia parte dagli studi, svolti dal professore Kurt VanLehn[21, 22], riguardo l'analisi di episodi relativi alla risoluzione di problemi proposti in ambienti scolastici, o comunque in contesti con finalità di apprendimento, a studenti supervisionati e guidati da un insegnante. Gli episodi presi in esame hanno dimostrato come l'apprendimento di un certo concetto avveniva in tutti quelli studenti che, durante la risoluzione del problema, avevano incontrato un insuccesso o un punto morto, mentre l'apprendimento risultava raro, o meno evidente, in quegli studenti che non avevano incontrato difficoltà o fallimenti durante la risoluzione di un problema. La conoscenza del concetto risultava sempre poco evidente, in questi ultimi studenti, anche in seguito alle spiegazioni del professore riguardo quel preciso concetto.

L'ipotesi di studio avanzata da Manu Kapur propone di testare l'insuccesso produttivo, productive failure, degli studenti per verificare se esiste o meno una efficacia nascosta negli sforzi fatti dagli studenti per risolvere un problema mal strutturato e senza una buona impalcatura di conoscenze. Il primo studio sperimentale sul productive failure[9, 10] è stato svolto su un campione di 309 studenti, frequentanti varie scuole superiori (eleventh-grade, confrontabile con un terzo anno di scuola superiore italiana), nella regione della città di Nuova Delhi, in India. Tutte le scuole e sezioni partecipanti alla sperimentazione condividevano lo stesso curriculum di studi. Lo studio ha previsto lo svolgimento dell'attività di sperimentazione secondo le seguenti fasi:

1. Test di verifica individuale delle conoscenze iniziali, per avere una vista di insieme del livello di conoscenze degli studenti partecipanti alla sperimentazione.
2. Divisione dell'intero campione di studenti in gruppi formati da tre unità ciascuno, formazione di 103 triadi, ogni gruppo formato da studenti della stessa scuola.
3. Divisione dei gruppi, in maniera casuale, in due categorie di condizione di lavoro:
 - 50 gruppi a cui è stato assegnato lo svolgimento di problemi mal strutturati.

- 53 gruppi a cui è stato assegnato lo svolgimento di problemi ben strutturati.
4. Elaborazione dei problemi all'interno dei gruppi. Per lo svolgimento di questa parte agli studenti era richiesto di comunicare fra di loro solo attraverso l'utilizzo di chat testuali, secondo un modello "Computer-supported collaborative learning" (CSCL), in modo tale da poter tenere traccia e collezionare le conversazioni fra i vari studenti di ogni gruppo.
 5. Test finale di verifica individuale delle conoscenze acquisite, contenente sia problemi ben strutturati che problemi mal strutturati, proposto in egual modo a tutti i soggetti partecipanti

Questo studio ha evidenziato come i risultati ottenuti dai test di verifica finali, dal punto di vista dei risultati prettamente numerici, quasi combaciavano, ma le soluzioni proposte dagli studenti appartenenti ai gruppi a cui erano stati assegnati problemi mal strutturati risultavano essere più critiche ed approfondite rispetto a quelle proposte dagli studenti appartenenti agli altri gruppi. Sicuramente lo studio è da analizzare e prendere in considerazione tenendo conto di vari elementi che potrebbero aver contribuito a una rilevazione non completamente corretta o realistica, fra cui:

- la possibilità di comunicare fra i membri dei gruppi solo tramite chat testuali, che potrebbe risultare in un contesto atipico per uno studente;
- il contesto sociale e di appartenenza degli studenti partecipanti;
- fattori di aiuto esterno nella soluzione dei problemi.

Un aspetto interessante che la ricerca svolta dal professor Manu Kapur ha evidenziato è come la struttura comunicativa cambiasse all'interno del gruppo a seconda della strutturazione del problema che era stato proposto, come illustrato nella figura 1.1.

Lo schema comunicativo individuato all'interno dei gruppi di lavoro ha evidenziato alcune peculiarità molto interessanti nei contesti di problemi ben strutturati, fra cui:

- l'assenza di una fase di analisi critica del problema;
- l'assenza di fasi non relative alle operazioni da svolgere per la soluzione del problema.

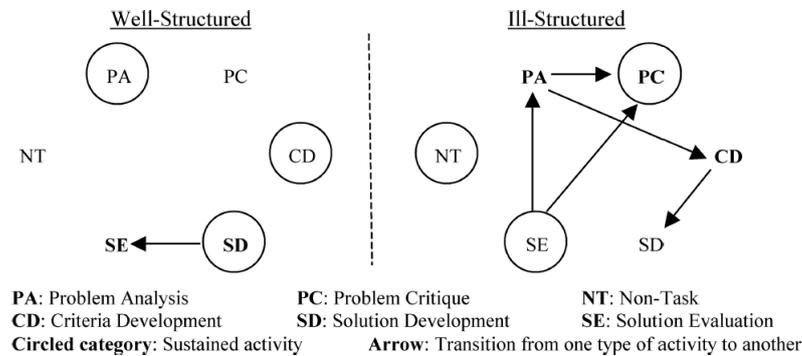


Figura 1.1: Strutturazione della comunicazione all'interno dei gruppi a seconda della proposta di strutturazione del problema.[9]

Questi pattern comunicativi evidenziano come i gruppi a cui erano stati assegnati dei problemi ben strutturati erano più concentrati a mantenere un livello comunicativo con la sola finalità di eseguire le operazioni per risolvere il problema, mentre nei gruppi a cui erano stati sottoposti problemi mal strutturati emergevano dei pattern comunicativi molto più articolati, e non solo volti allo svolgimento e alla soluzione del problema, creando dinamiche sociali che andavano oltre al lavoro assegnato al gruppo. I pattern comunicativi sono stati individuati facilmente, grazie all'utilizzo da parte degli studenti di chat testuali usate per la comunicazione e discussione finalizzata alla risoluzione dei problemi, e i comportamenti individuati nelle conversazioni testuali sono stati così categorizzati:

- Analisi del problema (Problem Analysis, PA), indicante tutte quelle frasi o conversazioni per definire le cause alla base del problema.
- Critiche al problema (Problem Critique, PC), per indicare tutte quelle affermazioni volte a valutare lo stato dell'analisi.
- Orientamento (Orientation, OO), frasi con lo scopo di guidare, o orientare, il processo da seguire per svolgere il problema nel gruppo.
- Sviluppo dei criteri (Criteria Development, CD), opinioni ai processi di decisione o ai parametri generali individuati ed utilizzati nello svolgimento delle soluzioni.

- Sviluppo della soluzione (Solution Development, SD), suggerimento di proposte o idee alternative per risolvere il problema.
- Valutazione della soluzione (Solution Evaluation, SE), discorsi volti alla valutazione delle alternative di soluzione proposte, giustificandole.
- Non-Task (NT), tutte le frasi e discorsi non inerenti o indispensabili per lo svolgimento del problema.

Questo studio, e in generale la metodologia del productive failure, non vuole teorizzare l'idea secondo cui un insegnante non debba costruire le impalcature e strutturare le conoscenze di uno studente prima della proposta di problema. Al contrario deve strutturare l'attività in maniera tale che le conoscenze già acquisite siano abbastanza per riuscire ad interpretare e comprendere il problema, senza però che siano sufficienti per giungere ad una soluzione valida e corretta. Rimane infatti compito dell'insegnante guidare lo studente, dopo eventuali insuccessi o fallimenti, verso le conoscenze necessarie ad affrontare correttamente il problema proposto.

Il primo studio sperimentale di questa metodologia ha utilizzato problemi di cinematica, quindi nell'ambito dell'apprendimento della fisica, e si è principalmente concentrato sullo studio delle interazioni fra i gruppi di studenti e in parte sui risultati ottenuti, in termini di valutazione. Altri studi sperimentali sono stati svolti utilizzando la metodologia del productive failure, in particolare lo studio condotto da Litts D. et al.[12] applica la metodologia utilizzando un kit molto simile ad una scheda Arduino[14], con lo scopo di far svolgere attività di debugging di programmi a un gruppo di studenti.

Nei successivi capitoli verrà esposta e dettagliata la sperimentazione di questa metodologia applicata nella materia Informatica in un liceo scientifico, materia da pochi anni presente all'interno dell'indirizzo di "Scienze applicate", con lo scopo di valutare l'efficacia della metodologia nel contesto di una materia relativamente nuova al liceo, rispetto alle metodologie di insegnamento classiche, spesso di stampo istruttivista.

Capitolo 2

Progettazione della ricerca

Prima di descrivere l'attività svolta durante la sperimentazione è bene definire i passaggi da seguire in una ricerca di ambito educativo. In questo capitolo vengono illustrati i passaggi fondamentali da seguire per la ricerca in educazione, secondo le indicazioni delle professoressa di pedagogia dell'università di Torino, Cristina Coggi e Paola Ricchiardi[6]. Verrà inoltre illustrato come è stata strutturata la sperimentazione che ho condotto secondo la metodologia del productive failure.

2.1 Progettare la ricerca in educazione

Affinché gli insegnanti possano risolvere in maniera attiva i problemi che si presentano in ambito educativo, è importante che questi abbiano competenze di ricerca, in modo che possano sperimentare soluzioni, costruendo conoscenze affidabili e trasferibili in altri contesti, sviluppando una riflessione sistematica sui risultati ottenuti e sulle metodologie utilizzate. In ambito educativo la ricerca individua tre metodi diversi di svolgimento:

- ricerca teoretico-argomentativa: mirata allo sviluppo di teorie e modelli educativi;
- ricerca storica: mirata allo studio dell'evoluzione dei modelli pedagogici nel tempo;
- ricerca empirica: mirata allo studio descrittivo, sperimentale o interpretativo di una determinata metodologia didattica.

Rispetto alle tre categorie esistenti, quella adottata nella mia sperimentazione e descritta in questo elaborato si configura nel contesto di una ricerca empirica. Per questo motivo nelle sezioni successive verranno descritte in maniera approfondita le fasi relative a questa tipologia di ricerca.

2.1.1 Individuazione del tema

In questa prima fase è necessario individuare l'argomento che si vuole trattare all'interno della ricerca ed è necessario che soddisfi i seguenti requisiti[6]:

- deve essere interessante per il ricercatore e allo stesso tempo rilevante per la società;
- il tema trattato deve essere originale, cioè non già sviluppato;
- il grado di fattibilità della ricerca deve essere affrontabile in termine di costi;
- il contesto deve essere sufficientemente delimitato, in modo tale da non risultare troppo ampio o generico;
- allo stesso tempo non deve essere eccessivamente circoscritto, per non rischiare di arrivare a conclusioni non rilevanti.

La ricerca svolta, essendo una tesi magistrale, potrebbe risultare più circoscritta in confronto a quella condotta da Manu Kapur[9]. Rispetto alla quale cambia il contesto della materia scolastica di applicazione della metodologia. Il lavoro di Manu Kapur è stato svolto su problemi di cinematica Newtoniana, nell'ambito dell'insegnamento della fisica; in questo studio la metodologia è stata applicata all'interno di un'unità didattica riguardante gli algoritmi di ricerca ed ordinamento, quindi all'interno della materia informatica. Altra differenza rispetto alla sperimentazione di Kapur riguarda sicuramente il contesto socio-culturale in cui è stata svolta: si passa da un contesto scolastico indiano ad uno italiano, all'interno di un liceo scientifico nell'indirizzo di scienze applicate. I soggetti di studio verranno descritti più approfonditamente nelle successive sezioni.

2.1.2 Individuazione degli scopi

Come per ogni tipologia di ricerca scientifica, anche in quella di stampo educativo è necessario individuare lo scopo, che può essere generalizzato in una delle seguenti tipologie[6]:

- descrizione di un fenomeno;
- valutazione di un programma scolastico, o di un curriculum;
- spiegazione di un fenomeno ed identificazione dei fattori che lo causano;
- verifica dell'efficacia di un metodo;
- identificazione di relazioni fra fattori di diversa natura.

La sperimentazione svolta ha avuto lo scopo di verificare l'efficacia della metodologia didattica del productive failure, all'interno di un'unità didattica svolta nella materia scolastica informatica.

2.1.3 Individuazione del problema

Il problema analizzato durante la sperimentazione può essere riassunto nel seguente quesito di ricerca:

“L'applicazione della metodologia didattica sperimentale del productive failure, di stampo prettamente costruttivista, può risultare più efficace rispetto ad una metodologia di insegnamento più classica, solitamente di stampo più istruttivista, all'interno di una unità didattica della materia informatica?”

L'unità didattica presa in esame e su cui è stato svolto il lavoro sperimentale si prestava bene a rispondere a questa domanda. Solitamente gli argomenti relativi agli algoritmi di ricerca ed ordinamento vengono proposti agli studenti secondo un modello di lezione-presentazione[4]. Molto spesso l'insegnante spiega l'algoritmo, il suo funzionamento e l'implementazione in maniera completa, senza dare la possibilità agli studenti di implementare o proporre un algoritmo che risolva il problema di ricerca o ordinamento.

2.1.4 Formulazione delle ipotesi e delle variabili

Le ipotesi teoriche formulate per lo sperimentazione svolta, ossia una o più possibili risposte al problema individuato, sono state le seguenti:

- la metodologia didattica sperimentata potrebbe consentire agli studenti ad ottenere risultati migliori durante la verifica delle conoscenze;
- la metodologia didattica sperimentata potrebbe creare maggiore interesse ed attenzione negli studenti.

L'ipotesi teorica deve essere accompagnata da un'ipotesi operativa e dal riconoscimento delle possibili variabili che potrebbero incidere sul risultato della sperimentazione; bisogna inoltre individuare le caratteristiche osservabili per lo studio.

Una caratteristica osservabile è stata individuata nelle valutazioni ottenute dagli studenti nelle verifiche delle conoscenze, utile a valutare la veridicità o meno della prima ipotesi teorica. Altra caratteristica osservabile è stato il feedback partecipativo e di gradimento che gli studenti hanno dimostrato durante le lezioni; questo aspetto e gli strumenti per la misurazione verranno dettagliati in seguito. Chiaramente la sperimentazione ha dovuto tenere in conto di una situazione straordinaria che ha inciso sullo svolgimento della sperimentazione, ma questo ha riguardato in generale la didattica di tutte le materie. La pandemia dovuta al diffondersi del virus SARS-CoV-2 ha imposto lo svolgimento di tutte le lezioni in modalità a distanza tramite videoconferenze. Nonostante la situazione le lezioni della sperimentazione sono state condotte seguendo il più possibile la metodologia del *productive failure*. Nel corso della sperimentazione, l'andamento degli studenti nelle altre materie è stato un elemento tenuto in considerazione, in modo tale da poter identificare più facilmente un gruppo di studenti con un andamento scolastico in discesa, ossia con più materie insufficienti rispetto al primo periodo, che quindi non è stato considerato significativo per valutare la sperimentazione.

2.1.5 Pianificazione

Per lo svolgimento e la raccolta di dati confrontabili è necessario valutare attentamente il piano e il disegno di ricerca, che va scelto curando la sua coerenza con il problema e

tenendo conto della fattibilità della pianificazione scelta. Per questo motivo nella ricerca empirica in didattica è necessario fissare il piano di svolgimento della sperimentazione, che prevede la formazione di uno o più gruppi da confrontare. La letteratura propone alcune modalità a gruppi descritte nelle sezioni seguenti[6].

Piano a gruppo unico

Prevede la presenza di un solo gruppo di studio e lo svolgimento su di esso di due fasi successive. Nella prima fase il docente rileva la situazione iniziale rispetto alle variabili e alle caratteristiche osservabili prefissate, successivamente viene svolta una attività, modulo o lezione, seguendo una metodologia di insegnamento tradizionale; al termine della prima fase viene effettuato il rilevamento della situazione finale a conclusione dell'attività. Segue una seconda fase dove il docente rileva nuovamente la situazione iniziale del gruppo e inizia a svolgere un'attività, modulo o lezione, secondo la metodologia che si intende sperimentare, per poi concludere con un rilevamento della situazione finale.

Questa modalità risulta vantaggiosa per la sua facilità di applicazione, ma allo stesso tempo presenta svantaggi che riguardano la maturazione cognitiva e della personalità dei soggetti presi in esame, l'interferenza tra i due metodi di insegnamento utilizzati, l'effetto storia e l'effetto testing. Questi aspetti, che incidono sulla validità della sperimentazione, verranno descritti meglio nel prosieguo.

Piano a due gruppi

In questo piano di ricerca è prevista la presenza di due gruppi equivalenti e di una sola fase di lavoro, che parte dalla rilevazione della situazione iniziale di entrambi i gruppi rispetto alle caratteristiche osservabili. Un gruppo svolge l'attività secondo una metodologia di insegnamento ordinaria; questo gruppo è definito gruppo di controllo ed è utilizzato come gruppo di confronto durante la valutazione finale dei dati rilevati. L'altro gruppo affronta gli stessi argomenti, o ciclo di argomenti, secondo la modalità didattica sperimentale; questo è chiamato gruppo sperimentale. In conclusione viene rilevata la situazione finale su entrambi i gruppi. Questa metodologia risulta sicuramente di più difficile attuazione rispetto alla precedente, ma allo stesso tempo ha meno elementi

di criticità, che riguardano principalmente le eventuali differenze fra gli insegnanti che svolgono le attività sui gruppi, e nell'effetto storia.

Piano a quattro gruppi

Metodologia che segue la stessa modalità descritta precedentemente per il piano a due gruppi; la differenza consiste nella presenza di due gruppi sperimentali e di due gruppi di controllo. Questo metodo ammortizza in parte gli svantaggi, ma risulta molto oneroso da mettere in pratica e non risolve l'effetto storia.

Effetti indesiderati dei vari piani a gruppi

Come indicato nelle pianificazioni appena descritte, tutte presentano alcuni vantaggi ma soprattutto un numero più o meno importante di elementi di criticità, che potrebbero inficiare la validità dei dati raccolti. La letteratura[6] nel corso degli anni è riuscita ad individuarne e descriverne alcuni, fra i quali è importante ricordare:

- effetto storia: causato da tutti quegli eventi inaspettati che possono avvenire nel corso della sperimentazione, come ad esempio eventuali malattie prolungate degli studenti o un trasferimento dell'insegnante;
- effetto maturazione: causato dal fatto che i soggetti dello studio subiscono una trasformazione cognitiva e della personalità legata al loro naturale sviluppo;
- effetto prove/testing: causato dalla somministrazione ripetuta di prove simili, ad esempio questionari, che crea una possibile distorsione nel normale procedere delle lezioni in classe e nel comportamento degli studenti;
- effetto strumentazione: causato dalla rilevazione delle caratteristiche osservabili, rilevazione che risulta essere elemento di disturbo, e porta i soggetti ad alterare il loro comportamento.

Scelta del piano per la sperimentazione

Per lo svolgimento della sperimentazione si è scelto di adottare il piano a due gruppi, la scelta è stata decisa perché nel liceo in cui è stata svolta la sperimentazione erano presenti

al momento solo tre annate dell'indirizzo scienze applicate con due sezioni ciascuna, il primo, il terzo e il quinto anno. Si è deciso di non effettuare la sperimentazione con gli studenti del quinto anno, in modo tale da non interferire sulla preparazione in vista dell'esame di maturità. Il primo anno non presentava un programma scolastico ben delineato e definito, e i pochi argomenti fissati non risultavano interessanti da inserire in un eventuale contesto di sperimentazione didattica secondo la metodologia del productive failure. Per questi motivi la sperimentazione ha riguardato esclusivamente le due sezioni del terzo anno, individuando una sezione come gruppo di controllo e l'altra come gruppo sperimentale.

2.1.6 Campionamento

Dal momento che la sperimentazione ha riguardato solo due sezioni, nella selezione del campione si è deciso di utilizzare tutto il campione, in quanto un eventuale restringimento della popolazione totale, ossia gli studenti delle due sezioni, sarebbe risultato nella formazione di un campione troppo piccolo e quindi poco rappresentativo. Sicuramente avendo a disposizione una popolazione di studenti più grande con cui svolgere la sperimentazione, risulterebbe più appropriato selezionare un campione parziale per ottenere risultati più affidabili e generalizzabili[6].

2.1.7 Strumenti

Per la rilevazione dei dati e delle caratteristiche osservabili, si è fatto affidamento ai seguenti strumenti:

- valutazioni delle prove di verifica delle conoscenze: di tutti gli studenti appartenenti alle due sezioni è stata tenuta traccia delle valutazioni ottenute nelle prove di verifica delle conoscenze. Verifiche preparate e corrette dal professore titolare della materia, lo stesso per entrambe le sezioni, in modo tale da poter somministrare prove più simili e confrontabili possibile in entrambe le sezioni; inoltre le valutazioni sono sempre state assegnate dall'insegnante della materia;

- questionari di gradimento[A.2]: utilizzati per tenere traccia del feedback partecipativo e di interesse degli studenti nei momenti iniziali e finali della sperimentazione. Il questionario era composto da 10 domande a risposta chiusa.

Durante le lezioni svolte in modalità a distanza è stata tenuta traccia di eventuali situazioni e cambiamenti di comportamento da parte degli studenti dei due gruppi, come la mancanza di partecipazione alle lezioni, nei limiti delle possibilità concesse dagli strumenti informatici utilizzati.

2.2 Soggetti dello studio

Lo studio è stato svolto prendendo come soggetti due classi del terzo anno del liceo scientifico Malpighi, della città di Bologna, indirizzo scienze applicate, unico indirizzo in cui è previsto lo svolgimento di due ore settimanali di lezione di informatica per tutti i 5 anni di liceo. Nel liceo in cui si è svolta la sperimentazione, gli insegnanti della materia informatica condividono una idea chiara riguardo la suddivisione degli argomenti nei 5 anni di insegnamento della materia, dove per ogni anno scolastico sono stati previsti:

1. Primo anno:
 - (a) porte logiche e architettura di un calcolatore;
 - (b) codifica delle informazioni;
 - (c) sistemi operativi;
 - (d) programmi di funzionalità (foglio di calcolo ed editing documenti);
 - (e) introduzione alla programmazione (problema, algoritmo, programma, I/O in Scratch).
2. Secondo anno:
 - (a) introduzione ai concetti di ciclo a conteggio, contatore e accumulatore;
 - (b) istruzione selezione;
 - (c) blocchi funzione e liste in Scratch;

(d) introduzione alla programmazione in linguaggio imperativo (cicli, selezione, funzioni ed array).

3. Terzo anno:

(a) funzioni;

(b) array;

(c) matrici;

(d) algoritmi notevoli sui vettori (Ricerca, ordinamento).

4. Quarto anno:

(a) funzioni ricorsive;

(b) principi di programmazione ad oggetti;

(c) database;

(d) concetti elementari di complessità computazionale.

5. Quinto anno:

(a) successioni e ricorsione;

(b) algoritmi di approssimazione;

(c) analisi numerica in Matlab/Octave;

(d) complessità algoritmica e complessità dei problemi.

Il programma proposto e progettato sui cinque anni risulta ben strutturato e in linea con le indicazioni nazionali per i licei scientifici[15]. L'inizio di un percorso di programmazione con linguaggio testuale è previsto verso la fine del secondo anno di insegnamento, a differenza di altri licei scientifici in cui questo è previsto dal primo anno di insegnamento. Infatti il percorso prevede nei primi due anni lo svolgimento di attività utilizzando il linguaggio di programmazione a blocchi Scratch, in modo tale da favorire lo sviluppo negli studenti un pensiero critico e logico utile ad affrontare i problemi in programmazione. Successivamente viene introdotta la sintassi di un linguaggio di programmazione testuale. Come in molti altri licei scientifici, i moduli riguardanti la

programmazione testuale vengono svolti utilizzando il linguaggio di programmazione C, per poi passare alla programmazione ad oggetti utilizzando linguaggi come Java o in alcuni casi C++.

Il programma previsto in alcuni anni risulta avere delle ripetizioni di argomenti, questo è dovuto al fatto che le varie classi potrebbero aver seguito un percorso negli anni precedenti con diversi professori di informatica, quindi la programmazione didattica è stata impostata in maniera tale da tenere conto e armonizzare i diversi percorsi e conoscenze pregresse delle diverse classi. Nel complesso il programma proposto è risultato nella maggior parte dei casi fattibile; qualche perplessità e difficoltà è emersa nello svolgimento del programma previsto per il quarto anno, in cui la seconda parte dell'anno scolastico è stata interamente dedicata alla programmazione ad oggetti, tralasciando i due argomenti successivi previsti.

Le sezioni scelte per la sperimentazione erano entrambe seguite dallo stesso professore di informatica, che si è occupato dello svolgimento delle lezioni nella sezione presa come gruppo di controllo. Chi scrive ha svolto le lezioni nel gruppo sperimentale, a cui il professore titolare ha partecipato come osservatore. In entrambi i gruppi la preparazione, correzione e valutazione delle prove di verifica delle conoscenze è stata affidata al professore, sia per la situazione iniziale sia per la quella finale, per evitare di formulare valutazioni basate su criteri differenti e per non influenzare gli studenti, che avrebbero potuto assumere dei comportamenti non naturali durante lo svolgimento delle lezioni sperimentali e della prova finale di verifica nel caso questa non fosse stata corretta dal loro professore.

2.2.1 Il gruppo sperimentale

Il gruppo sperimentale era costituito da una classe di 14 studenti, di cui 7 studenti maschi e 7 studentesse. Il gruppo era relativamente piccolo, poiché la classe presa in esame era composta nella sua completezza da un numero maggiore di studenti, situazione dovuta dal fatto che la sezione era ad indirizzo misto, divisa fra scienze applicate e scientifico tradizionale. Ciò comportava la divisione della classe in due sottoclassi nel momento delle lezioni di latino, seguite dai soli studenti iscritti all'indirizzo tradiziona-

le, in corrispondenza con le ore di informatica, seguite dal gruppo di studenti iscritti all'indirizzo di scienze applicate.

La classe era composta in prevalenza da studenti nati nel 2003, quindi con un percorso sin lì regolare, precisamente 10 studenti. La restante parte era composta da due studenti nati nell'anno 2004, dovuto all'inizio anticipato di un anno, e due studenti nati nel 2002, a causa di una precedente non ammissione alla classe successiva. In ogni caso nessuno studente stava ripetendo il terzo anno scolastico del liceo scientifico con indirizzo scienze applicate, di conseguenza tutti gli argomenti presentati e spiegati risultavano nuovi e non ancora affrontati. La classe non presentava studenti certificati con disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) e nessuno studente certificato in base alla legge 104/92.

La classe era composta da studenti generalmente partecipi ed attivi durante le lezioni, ad eccezione di 3 studenti che mostravano scarso interesse verso la materia. Al termine del primo quadrimestre gli studenti presentavano valutazioni mediamente sopra la sufficienza, nello specifico:

- tre alunni con valutazioni insufficienti;
- nove alunni con valutazioni leggermente sopra la sufficienza;
- due alunni con valutazioni molto più elevate rispetto alla media della classe.

Nel dettaglio la classe si presentava con le seguenti medie valutative:

| | Media prima valutazione | Media seconda valutazione | Media totale ¹ |
|---------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Maschi | 6.00 | 6.36 | 6.18 |
| Femmine | 6.14 | 6.00 | 6.49 |
| Totale | 6.07 | 6.18 | 6.33 |

La tabella fa riferimento alle valutazioni ottenute dagli studenti durante il primo quadrimestre, le prime due valutazioni fanno riferimento alle medie delle prove di verifica delle conoscenze, svolte dall'intera classe.

¹La media totale è calcolata tenendo conto delle prove di recupero svolte durante il quadrimestre dai soli studenti con valutazioni negative.

2.2.2 Il gruppo di controllo

Il gruppo di controllo era costituito da una classe di 23 studenti, di cui 14 studenti maschi e 9 studentesse, numero più elevato rispetto al gruppo sperimentale e dovuto al fatto che tutti gli studenti della classe erano iscritti all'indirizzo di scienze applicate.

Anche in questo caso la classe risultava essere composta per la maggior parte da studenti nati nel 2003, e quindi iscritti al loro regolare anno scolastico, precisamente 17 studenti. La restante parte era composta da 5 studenti nati nel 2004, sempre dovuto ad un inizio anticipato della scuola, e da uno studente nato nel 2002, quindi non ammesso per una volta alla classe successiva nei precedenti anni scolastici. Anche in questo gruppo tutti gli argomenti della materia risultavano nuovi e non affrontati negli anni scolastici precedenti, nemmeno dallo studente ripetente. Nella classe era presente un componente certificato con disturbi specifici dell'apprendimento (DSA), quindi durante lo svolgimento di verifiche delle conoscenze poteva essere presente un tutor su richiesta diretta dello studente, nessuno studente era certificato in base alla legge 104/92.

La classe si presentava con meno studenti partecipi ed interessati alle lezioni, fattore in parte dovuto anche al clima caotico causato dal più elevato numero di studenti. Solitamente sei studenti risultavano più partecipi alle lezioni, la maggioranza interveniva solo se richiamata o invitata direttamente a partecipare. Alla conclusione del primo quadrimestre la classe si presentava con otto studenti la cui media di valutazione risultava negativa, mentre sei studenti avevano valutazioni ottime e decisamente sopra la media totale della classe, che nel suo complesso risultava essere poco sopra la sufficienza:

| | Media prima valutazione | Media seconda valutazione | Media totale ² |
|---------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Maschi | 6.07 | 5.64 | 5.90 |
| Femmine | 6.22 | 6.44 | 6.51 |
| Totale | 6.13 | 5.96 | 6.14 |

Come per il gruppo sperimentale, le prime due colonne fanno riferimento alla media calcolata sulle prove di verifica delle conoscenze svolte dall'intera classe. Peculiarità interessante di questa classe sono le medie di valutazione ottenute dalle studentesse, più

²La media totale tiene conto anche delle valutazioni delle prove di recupero svolte solo dagli studenti che dovevano recuperare almeno una valutazione insufficiente.

elevate rispetto a quelle dei compagni maschi, motivate probabilmente al fatto che le studentesse risultavano essere più partecipi ed attive durante le lezioni di informatica.

2.3 Strutturazione dell'attività

L'attività proposta in entrambi i gruppi si è svolta nell'ambito di un'unità didattica sugli algoritmi di ricerca ed ordinamento, svolto in entrambe le classi alla conclusione di un'unità didattica sulle matrici in programmazione. L'attività è stata inizialmente ideata e progettata per essere svolta in un normale contesto di lezione in classe e laboratorio, ma a seguito della pandemia del "COVID-19" le strutture scolastiche sono state chiuse dal 5 marzo 2020 fino alla conclusione dell'anno scolastico 2019-2020. Per cui tutte le attività svolte con i gruppi di controllo e sperimentale non sono state svolte in presenza, ma attraverso strumenti di didattica a distanza, nello specifico tramite lezioni in videoconferenza.

L'unità didattica è stata svolta nell'arco del mese di Maggio in contemporanea su entrambe le classi. Gli argomenti previsti sono stati gli stessi per i due gruppi e sono stati concordati insieme al professore titolare della classe nei periodi precedenti alla sperimentazione. Precisamente gli argomenti trattati sono stati i seguenti:

- algoritmo di ricerca lineare;
- algoritmo di Bubble Sort;
- algoritmo di Insertion Sort;
- algoritmo di Merge Sort;
- algoritmo di Quick Sort;
- algoritmo di ricerca dicotomica.

Tutti gli algoritmi sono stati spiegati e la maggior parte anche implementati dal professore nel gruppo di controllo, mentre nel gruppo sperimentale sono stati prima implementati dagli studenti e poi da chi ha svolto le lezioni. A differenza degli altri, degli algoritmi di Merge Sort e Quick Sort si è deciso di non presentare l'implementazione dal momento

che il relativo sviluppo, in un linguaggio di programmazione come C, sarebbe risultato complicato e di difficile comprensione da parte di uno studente del terzo anno. Scelta dovuta anche alla conoscenza delle due classi: nessuna infatti aveva ancora affrontato la ricorsione, argomento previsto per il quarto anno, in virtù della quale sarebbe stato possibile proporre una implementazione più comprensibile e snella dei due algoritmi in questione.

Per lo svolgimento dell'unità sono stati previsti i seguenti prerequisiti (sempre in accordo con l'insegnante titolare), che in entrambe le classi risultavano sostanzialmente raggiunti dagli studenti:

- concetto di algoritmo;
- concetto di selezione;
- concetto di ciclo;
- concetto di vettore;
- concetti di logica ed operatori booleani;
- concetto di scambio.

Per quanto riguarda la formulazione degli obiettivi, dal momento che le indicazioni nazionali[15] risultano essere poco specifiche per quanto riguarda gli algoritmi di ricerca ed ordinamento, si è fatto riferimento agli obiettivi proposti dal consorzio interuniversitario nazionale per l'informatica, CINI[5], che individua i seguenti obiettivi:

- O-S-A-1 – Conoscere alcuni semplici algoritmi per problemi fondamentali (es. ricerca, ordinamento, massimo comune divisore, ...);
- O-S-A-2 – Usare il ragionamento logico per valutare diversi algoritmi che risolvono lo stesso problema.

Sulla base di queste indicazioni, sono stati proposti i seguenti obiettivi specifici (comuni per le due classi) dell'argomento della sperimentazione:

- applicare gli algoritmi fondamentali di ordinamento e ricerca in un array;

- riconoscere e descrivere l'implementazione dei principali algoritmi di ordinamento e ricerca in un array;
- descrivere e riconoscere le operazioni che compongono gli algoritmi di ordinamento e ricerca presentati;
- conoscere qualitativamente le differenze, in termini di complessità computazionale, dei vari algoritmi presentati.

Nel gruppo sperimentale gli argomenti sono stati affrontati nell'ordine dell'elenco mostrato in questa sezione[2.3, pag. 28], mentre nel gruppo di controllo il professore ha deciso di anticipare l'algoritmo di ricerca dicotomica, rispetto ai vari algoritmi di ordinamento. Questa decisione è stata presa dal professore in modo tale da poter prima concludere gli algoritmi riguardanti la sola ricerca e poi passare agli algoritmi di ordinamento, così da non dover spostare il focus fra una tipologia di algoritmo e l'altra.

Nel capitolo successivo verranno descritte in maniera più dettagliata le attività svolte durante le lezioni con i due gruppi.

Capitolo 3

Sperimentazione in classe

Come già indicato nel precedente capitolo, la sperimentazione si è svolta nell'arco di un mese, Maggio, durante la quale sono state svolte cinque lezioni con entrambe le sezioni. I due gruppi hanno dovuto svolgere una prova di verifica degli apprendimenti, le cui valutazioni sono state utilizzate insieme a quelle precedentemente ottenute durante l'anno per verificare gli effetti della sperimentazione.

Altro dato rilevato a inizio sperimentazione ed alla sua conclusione sono state le risposte degli studenti al questionario di gradimento[A.1], riguardante le metodologie didattiche e le attività proposte. Inoltre nel gruppo sperimentale è stata tenuta traccia delle eventuali consegne mancate degli esercizi richiesti per casa, per intercettare tempestivamente eventuali situazioni di scoraggiamento nei confronti dei vari argomenti. Visto che agli studenti è stato richiesto lo svolgimento di esercizi e problemi mal strutturati, gli eventuali continui fallimenti o difficoltà avrebbero potuto generare effetti collaterali indesiderati, ad esempio l'abbandono dell'esercizio o del problema richiesto.

Le attività descritte nella sezione riguardante il gruppo di lavoro sperimentale sono state svolte da chi sta scrivendo, presente in classe dall'inizio dell'anno scolastico 2019-2020 in qualità di tirocinante; le attività svolte nel gruppo di controllo fanno riferimento all'attività proposta e svolta dal professore titolare della materia.

3.1 Svolgimento delle lezioni sul gruppo sperimentale

Di seguito vengono descritte le attività proposte alla sezione che ha preso parte al progetto di ricerca come gruppo sperimentale. I problemi e le domande durante l'unità didattica sono state nella maggior parte dei casi strutturate secondo metodologia del productive failure[9, 10], con lo scopo di portare gli studenti a degli eventuali fallimenti da cui poter strutturare le lezioni.

3.1.1 Prima lezione

La prima lezione ha avuto come focus principale i seguenti argomenti:

1. introduzione al problema della ricerca; (15 minuti)
2. introduzione alla ricerca lineare; (15 minuti)
3. introduzione al problema dell'ordinamento. (20 minuti)

Per prima cosa è stato proposto agli studenti di risolvere un problema molto semplice: creare un algoritmo in grado di trovare una carta all'interno di un mazzo di carte mescolato. Le carte erano visibili agli studenti durante la lezione, svolta in videoconferenza, attraverso la webcam come mostrato nella figura 3.1.

Agli studenti sono stati imposti i seguenti vincoli all'ideazione autonoma dell'algoritmo di ricerca di una carta: è possibile scoprire solo una carta per volta e una volta coperta non è possibile ricordare il valore di quella carta. La risoluzione di questo problema è risultata molto semplice per la maggior parte degli studenti, infatti questo risulta essere un problema molto comune da svolgere durante un'unità didattica dedicata alla spiegazione degli array. Dopo un breve confronto collettivo, le istruzioni pensate dagli studenti per l'algoritmo risolutivo sono state le seguenti:

1. scopro la prima carta del mazzo che ancora non è stata scoperta;
2. se la carta scoperta è quella che sto cercando allora ho trovato la carta e concludo la ricerca;



Figura 3.1: Immagine del mazzo di carte così come visto dagli studenti. Per semplificare il problema, e per questioni di spazio, il mazzo era composto da 10 carte, dello stesso seme, tutte e 10 diverse.

3. se la carta scoperta non è quella che sto cercando allora copro la carta;
4. se ho scoperto tutte le carte del mazzo allora la carta non è presente nel mazzo, altrimenti ricomincio dal punto 1.

Dopo varie esecuzioni dell'algoritmo, gli studenti, grazie all'assistenza dell'insegnante, sono riusciti a formulare le seguenti affermazioni riguardo la complessità dell'algoritmo:

- in un mazzo di N carte per cercare una carta non presente dovrò scoprire tutte ed N le carte;
- in un mazzo di N carte per cercare una carta presente dovrò scoprire, mediamente, $N/2$ carte.

L'attività è proseguita proponendo un nuovo quesito alla classe: come si potrebbe migliorare la ricerca? Possiamo predisporre il mazzo in maniera tale che risulti più veloce e facile trovare una carta? Da subito gli studenti si sono trovati tutti d'accordo sull'affermare che: se il mazzo di carte fosse stato ordinato probabilmente la ricerca sarebbe più veloce. L'ultima parte della lezione è stata dedicata alla discussione per ideare un ipotetico algoritmo di ordinamento per il mazzo di carte. Per questo problema i vincoli dati agli studenti sono stati: è possibile scoprire al massimo due carte per volta, una volta coperta non è possibile ricordare il valore di quella carta. La lezione si è conclusa con la

proposta da parte di uno studente di un algoritmo non completamente funzionante, ma molto simile al Bubble Sort.

Dal momento che le lezioni sono state svolte in modalità a distanza, le attività laboratoriali sono state assegnate come compito autonomo per casa. Durante lo svolgimento degli esercizi per casa, gli studenti potevano contattare il professore o il tirocinante per ricevere chiarimenti riguardo la consegna e correzioni, tramite mail o richiedendo un colloquio virtuale. Il primo lavoro assegnato alla classe da svolgere a casa aveva la seguente consegna:

Creare un programma che, riempito un array con 50 numeri naturali casuali compresi fra 1 e 200, chiede in input un numero all'utente e cerca il numero all'interno del vettore attraverso l'uso di una funzione, il cui prototipo è il seguente:

```
bool ricercaLineare(int vettore[], int cerca);
```

La funzione deve restituire “true” se il numero è stato trovato all'interno del vettore, altrimenti “false”. Eseguire una stampa opportuna a seconda del valore di ritorno della funzione.

La consegna era richiesta entro il giorno prima della lezione seguente, in modo tale da poter discutere le varie implementazioni insieme alla classe all'inizio della lezione.

La prima lezione non ha visto la proposta agli studenti di problemi di grande difficoltà o troppo mal strutturati, questo per evitare di proporre da subito problemi di difficoltà troppo elevata e per poterla incrementare con l'avanzare delle lezioni.

3.1.2 Seconda lezione

Tutti gli studenti hanno consegnato il lavoro richiesto alla fine della lezione precedente, tuttavia due implementazioni risultavano non funzionanti o sbagliate. La seconda lezione è stata così strutturata:

1. correzione dell'implementazione dell'algoritmo di ricerca lineare; (10 minuti)
2. ripresa dell'algoritmo di Bubble Sort con il mazzo di carte proposto dagli studenti nella precedente lezione; (15 minuti)

3. implementazione dell'algoritmo di Bubble Sort; (15 minuti)
4. presentazione dell'algoritmo di Insertion Sort. (10 minuti)

La correzione dell'algoritmo di ricerca lineare ha impegnato una breve parte di lezione. L'implementazione corretta è risultata chiara a tutti gli studenti, anche a chi aveva consegnato un'implementazione non funzionante. Successivamente si è tornati a discutere dell'algoritmo di ordinamento proposto da uno studente nella lezione precedente, algoritmo che poi risulterà essere il Bubble Sort. L'algoritmo è stato suddiviso dagli studenti nei seguenti passaggi:

1. scopro le prime due carte del mazzo se ce ne sono almeno due, altrimenti il mazzo è ordinato e termino;
2. se la prima carta risulta più grande della seconda: scambio e copro le carte;
3. se la prima carta risulta più piccola della seconda: copro le carte;
4. se è presente almeno una carta oltre alla coppia appena controllata, passo alla coppia di carte adiacenti successive e riparto dal passaggio 2;
5. se non ci sono più carte oltre alla coppia appena controllata, ricomincio dal punto 1, escludendo la carta in fondo al mazzo dalle coppie.

Una volta conclusa l'ideazione dell'algoritmo con il mazzo di carte, si è passati a ragionare in maniera collettiva su come implementare questo algoritmo per un vettore di 50 numeri interi. Durante questo momento il livello di partecipazione degli alunni è decisamente calato, solo tre studenti hanno partecipato in maniera attiva alla discussione ed implementazione dell'algoritmo. Il passaggio da un momento dialogato a una situazione di condivisione schermo per svolgere l'implementazione insieme agli studenti è stato sicuramente il fattore principale che ha causato il calo di partecipazione. Discussione che ha portato allo sviluppo del seguente codice:

```
1 void bubbleSort(int vettore[], int dim)
2 {
3     int i, j, tmp;
```

```
4     for(i=0; i<dim; i++)
5         for(j=0; j<dim-1-i; j++)
6             if(vettore[j]>vettore[j+1])
7                 {
8                     tmp = vettore[j];
9                     vettore[j] = vettore[j+1];
10                    vettore[j+1] = tmp;
11                }
12 }
```

Nell'ultima parte di lezione è stato lasciato spazio agli studenti per proporre eventuali nuove idee di algoritmi di ordinamento, ma da parte loro non sono state avanzate nuove proposte. Per questo motivo si è presentato un nuovo algoritmo di ordinamento, l'Insertion Sort, mostrandone i vari passaggi con il mazzo di carte. In questo modo è stato possibile affidare il seguente compito da svolgere a casa agli studenti:

Scrivere un programma che, riempito un array con 50 numeri naturali casuali compresi fra 1 e 200, stampi il vettore. Implementare una funzione in grado di ordinare il vettore seguendo l'algoritmo presentato con il mazzo di carte a fine lezione, ma non usando l'algoritmo di Bubble Sort (Ordinamento a Bolle).

Per evitare che gli studenti cercassero e copiassero l'implementazione dell'algoritmo dal web, di quest'ultimo algoritmo a lezione non era stato indicato il nome.

Questa lezione è risultata più strutturata dalla metodologia del productive failure, infatti il problema della definizione dei passaggi del Bubble Sort con le carte e la sua implementazione hanno entrambi portato molti studenti a formulare soluzioni o ragionamenti sbagliati, appunto perché risultavano essere problemi leggermente oltre le loro capacità e conoscenze. Anche il compito assegnato per casa è stato pensato per portare gli studenti al fallimento.

3.1.3 Terza Lezione

Le consegne dell'esercizio richiesto per la terza lezione sono risultate inferiori rispetto a quelle precedenti. Solo nove studenti hanno consegnato un'implementazione dell'eser-

cizio richiesto, di cui solo una è risultata corretta e funzionante, mentre cinque studenti non hanno consegnato l'esercizio. Il numero esiguo di consegne corrette è diretta conseguenza del problema assegnato, pensato di proposito per mettere in difficoltà lo studente e portarlo ad eventuali fallimenti. La lezione si è sviluppata nei seguenti momenti:

1. ripresa dell'algoritmo di Insertion Sort di nuovo ricorrendo al mazzo di carte; (10 minuti)
2. correzione dell'implementazione dell'algoritmo; (15 minuti)
3. presentazione con le carte degli algoritmi di Merge Sort e Quick Sort; (10 minuti)
4. introduzione e discussione del problema della ricerca in un mazzo di carte ordinato. (15 minuti)

Le soluzioni proposte dagli studenti risultavano tutte molto confuse, o comunque erroneamente orientate sull'idea del Bubble Sort e dello scambio delle carte. Per questo motivo è stato riproposto l'algoritmo utilizzando le carte da gioco prima di correggere e presentare l'implementazione dell'Insertion Sort. Dopo una discussione riguardo alla necessità di effettuare nell'algoritmo una operazione di shift (slittamento) e non di scambio, la lezione è proseguita cercando di sviluppare insieme agli studenti un'implementazione funzionante dell'algoritmo. L'implementazione ottenuta insieme a loro è stata la seguente:

```
1 void insertionSort(int vettore[], int dim)
2 {
3     int i, tmp, j;
4     for(i=1; i<dim; i++)
5     {
6         tmp=vettore[i];
7         j=i-1;
8         while(j>=0 && vettore[j]>tmp)
9             {
10                vettore[j+1]=vettore[j];
11                j--;
12            }
13        vettore[j+1]=tmp;
```

14 }
15 }

La correzione e l'implementazione di questo algoritmo è risultata più ostica agli studenti, probabilmente dato che tale algoritmo non era stato proposto direttamente da loro ma gli era stato presentato dall'insegnante, e sicuramente il trovarsi da soli a realizzare l'implementazione non li ha aiutati. Agli studenti risulta chiara la differenza tra Insertion Sort e Bubble Sort, specialmente l'utilizzo dello shift piuttosto che dello scambio. Successivamente una piccola parte della lezione è stata dedicata alla presentazione degli algoritmi di Merge Sort e Quick Sort, utilizzando il mazzo di carte. Come detto in precedenza di questi non è stata prevista la realizzazione dell'implementazione poiché questa in un linguaggio di programmazione come C, senza l'utilizzo della ricorsione, sarebbe risultata molto complicata e di difficile comprensione per gli studenti. L'ultima parte della lezione è stata dedicata alla discussione per l'ideazione di un algoritmo in grado di cercare una carta all'interno di un mazzo di carte ordinato, in modo che fosse diverso e più veloce della ricerca lineare. Durante la prima lezione dell'unità didattica uno studente aveva già proposto un'idea affine al principio su cui si basa la ricerca dicotomica, per cui si è ripreso il discorso partendo da quell'idea e si è ginti insieme a produrre un algoritmo di ricerca dicotomica con le carte. Gli alunni hanno riassunto l'algoritmo nei seguenti passaggi:

1. giro la carta in mezzo al mazzo;
2. se la carta che ho girato è quella che cerco allora ho trovato la carta ed interrompo l'algoritmo;
3. se la carta che ho girato è più piccola della carta che sto cercando, scarto tutte le carte del mazzo precedenti alla metà e anche la carta scoperta;
4. se la carta che ho girato è più grande della carta che sto cercando, scarto tutte le carte del mazzo successive alla metà e anche la carta scoperta;
5. se non sono state scartate tutte le carte ricomincio dal punto 1, non considerando le carte scartate;

6. se tutte le carte sono state scartate, allora la carta non è presente nel mazzo.

Una volta conclusa la definizione da parte degli studenti dei vari passaggi dell'algoritmo, la lezione si è conclusa assegnando agli studenti il seguente problema per casa:

Sviluppare una funzione con il seguente prototipo:

```
bool ricerca(int vettore[], int dim, int cerca);
```

che preso in input un vettore di elementi ordinati ed un numero restituisce "true" se il valore cercato è presente nel vettore altrimenti "false". La funzione deve essere implementata basandosi sul metodo di ricerca pensato con le carte a fine lezione. Nel programma il vettore è sempre di dimensione 50, gli elementi inizialmente sono disordinati e generati casualmente, quindi è per prima cosa necessario ordinare il vettore utilizzando o il Bubble o l'Insertion Sort, invocando le opportune funzioni nel main, dopo aver ordinato il vettore, si invochi la funzione "ricerca" da implementare.

Viste le mancate consegne del precedente esercizio per casa, gli studenti sono stati invitati a consegnare le proprie implementazioni anche se non funzionanti, in modo tale da strutturare meglio la lezione successiva.

Questa lezione ha visto principalmente l'utilizzo della metodologia del productive failure in parte durante la correzione dell'implementazione dell'Insertion Sort, ma in particolar modo durante la definizione dei passaggi dell'algoritmo di ricerca dicotomica con le carte. Anche questa volta il compito assegnato per casa è stato strutturato seguendo la metodologia del productive failure, l'intento era lo stesso del compito assegnato nella lezione precedente cioè: portare gli studenti ad eventuali fallimenti per poter strutturare meglio la spiegazione e discussione durante la lezione successiva.

3.1.4 Quarta Lezione

Nonostante la richiesta di consegnare anche i tentativi falliti, solo nove studenti hanno consegnato l'esercizio richiesto per la quarta lezione, e soltanto quattro implementazioni sono risultate corrette e funzionanti. La lezione si è strutturata nei seguenti momenti:

1. ripresa dell'algoritmo di ricerca dicotomica con il mazzo di carte; (10 minuti)

2. correzione dell'implementazione dell'algoritmo di ricerca dicotomica; (15 minuti)
3. presentazione e svolgimento di esercizi di esempio, della stessa tipologia contenuta nella verifica finale delle conoscenze; (15 minuti)
4. ripasso dei concetti chiave delle lezioni precedenti. (10 minuti)

A inizio lezione è stato riproposto l'algoritmo di ricerca dicotomica con il mazzo di carte, in modo tale da guidare meglio la comprensione della soluzione corretta e correzione delle implementazioni degli studenti. Il passaggio più ostico da capire per gli studenti ha riguardato come determinare il numero in posizione centrale dell'array ad ogni iterazione. Questo passaggio è stato chiarito considerando le posizioni iniziale e finale del vettore, da cui ricavare ogni volta la posizione centrale; ad ogni iterazione si aggiornava la posizione iniziale o finale in maniera opportuna. L'implementazione che segue è quella sviluppata insieme agli studenti:

```
1 bool ricercaDicotomica(int vettore[], int dim, int cerca)
2 {
3     int sx = 0, dx = dim-1, mid;
4     while(sx <= dx)
5     {
6         mid = (dx + sx)/2;
7         if(vettore[mid]==cerca)
8             return true;
9         else if(cerca>vettore[mid])
10            sx = mid+1;
11        else
12            dx = mid-1;
13    }
14    return false;
15 }
```

Lo svolgimento e la correzione dell'implementazione dell'algoritmo di ricerca dicotomica ha seguito l'utilizzo della metodologia di productive failure, infatti gli studenti stessi proponeva eventuali porzioni di implementazione, spesso errate. Dal momento che

la verifica degli apprendimenti prevista per la lezione successiva risultava di stampo diverso da verifiche più tradizionali a cui la classe era abituata, quasi esclusivamente volte a verificare abilità di programmazione, durante questa lezione sono stati presentati alcuni esempi di quesiti ed esercizi simili a quelli che sarebbero stati proposti nella verifica[A.2].

La restante parte della lezione è stata dedicata a dubbi e domande degli studenti riguardo le attività e i concetti affrontati durante l'unità didattica, che potevano risultare non chiari. I principali dubbi degli studenti riguardavano gli algoritmi di Merge Sort e Quick Sort, probabilmente perché il tempo dedicato a lezione non è stato abbastanza per gli studenti. Per la lezione successiva non sono stati affidati compiti da svolgere a casa.

3.1.5 Quinta Lezione - Verifica degli apprendimenti

L'ultima lezione è stata dedicata allo svolgimento della verifica volta a valutare gli apprendimenti relativi all'unità didattica appena conclusa. La verifica consisteva di un questionario così composto:

- quattro quesiti a risposta multipla;
- quattro esercizi di commento, correzione e comprensione di codice.

Per lo svolgimento della verifica sono stati messi a disposizione 45 minuti e non l'intera durata dell'ora di lezione. Questa scelta è stata presa in accordo con l'insegnante della classe, considerato che si trattava di una prova piuttosto breve e quindi anche per disincentivare eventuali comportamenti scorretti da parte degli studenti. Agli studenti è stato chiesto di tenere il microfono e la videocamera attivi per l'intera durata della verifica, per supervisionare lo svolgimento della prova nei limiti della somministrazione a distanza. Con tutti gli accorgimenti presi non si sono registrati comportamenti scorretti o sospetti da parte degli studenti, e tutti sono riusciti a consegnare entro i tempi previsti.

Al termine della verifica è stato chiesto agli studenti di compilare il questionario di gradimento dell'unità didattica appena conclusa[A.1].

3.2 Le lezioni con il gruppo di controllo

Di seguito vengono descritte in modo analogo le attività tradizionalmente consolidate che l'insegnante titolare della materia informatica ha proposto alla sezione che ha assunto il ruolo di gruppo di controllo.

3.2.1 Prima Lezione

La prima lezione:

1. definizione di insieme di dati, partendo da esempi proposti dagli studenti;
2. operazioni principali che si possono effettuare su un insieme di dati;
3. discussione sul perché potrebbe essere utile ordinare i dati.

La lezione è iniziata chiedendo agli studenti di proporre esempi di insiemi di dati con cui si ha a che fare tutti i giorni, o di cui avevano sentito parlare oppure di cui avevano letto nei vari media, in modo tale da introdurli all'argomento con uno spirito più consapevole e critico. Dopo una breve rassegna dei vari esempi proposti, la lezione si è spostata su un altro focus, ossia su quali tipi di operazioni si possono eseguire su un insieme di dati. Se l'operazione di ricerca sui dati è stata proposta sin da subito dagli studenti, non è stato così per l'operazione di ordinamento dei dati; gli studenti si sono invece limitati a proporre l'idea di organizzazione dei dati, senza riuscire a specificare un metodo di organizzazione.

La restante parte della lezione è stata dedicata alla presentazione dell'implementazione dell'algoritmo di ricerca lineare, anche in questa classe si è adottato C come linguaggio di sviluppo (in conformità con il percorso della classe per quell'anno scolastico). L'implementazione è stata sviluppata e presentata dal professore agli studenti, i quali intervenivano principalmente per domande e chiarimenti riguardo il codice sviluppato. Per la lezione successiva non sono stati affidati compiti precisi da svolgere per casa. Il professore ha comunque invitato gli studenti a ragionare sulla funzione implementata per l'algoritmo di ricerca lineare e cercare idee per migliorarla.

3.2.2 Seconda Lezione

La lezione è partita dalla riflessione proposta per casa agli studenti, ossia possibili miglioramenti rispetto alla ricerca lineare. Meno della metà degli studenti sono intervenuti proponendo riflessioni o idee proprie, e questo ha rallentato molto lo svolgimento della lezione, dal momento che il professore aveva intenzione di strutturarla partendo dalle riflessioni degli studenti. La lezione è continuata ponendo l'attenzione sui seguenti aspetti:

1. quanti elementi controlla mediamente la ricerca lineare, e quanti ne controlla se l'elemento cercato non è presente nell'insieme di dati;
2. se l'array di numeri fosse ordinato, come posso cercare in maniera più veloce un numero nell'insieme;
3. introduzione all'algoritmo di ricerca dicotomica.

Le lezioni svolte col gruppo di controllo hanno seguito un ordine di presentazione degli argomenti differente rispetto all'ordine in cui sono stati proposti nel gruppo sperimentale. Una parte della lezione è stata dedicata alla spiegazione dei costi computazionali dell'algoritmo di ricerca lineare, intesi come numero di controlli effettuati dall'algoritmo. Questa parte è risultata per il professore più difficoltosa e poco partecipata dagli allievi, rispetto alla stessa lezione svolta con il gruppo sperimentale, e per questo ha impiegato molto più tempo del previsto. Successivamente gli studenti sono stati introdotti all'algoritmo di ricerca dicotomica partendo da una spiegazione dell'algoritmo da parte dell'insegnante. Per lo svolgimento di questa parte di lezione il professore ha utilizzato un programma di disegno come lavagna virtuale per mostrare agli alunni i vari passaggi svolti dall'algoritmo di ricerca dicotomica. Come per la lezione precedente agli studenti non sono stati assegnati compiti precisi, ma è stato chiesto loro di ragionare sulle operazioni fondamentali per implementare l'algoritmo di ricerca dicotomica.

3.2.3 Terza Lezione

Visto il poco tempo dedicato durante la lezione precedente per spiegare in maniera esaustiva il funzionamento dell'algoritmo di ricerca dicotomica, la lezione inizia ripren-

dendo questa spiegazione; anche in questo caso l'insegnante ha utilizzato un programma di disegno per simulare una lavagna ed agevolare la spiegazione. La spiegazione dettagliata e approfondita dell'algoritmo ha occupato quasi la metà della lezione. Il professore ha dedicato la restante parte della lezione all'implementazione della ricerca dicotomica. L'algoritmo implementato non è stato visto effettivamente in funzione dagli studenti, dato che a quel punto dell'unità didattica non si erano ancora introdotti gli algoritmi di ordinamento dei dati, per cui l'implementazione dell'algoritmo di ricerca dicotomica è stata considerata funzionante da parte degli studenti senza osservarne effettivamente l'esecuzione. Nonostante questo, la spiegazione e l'implementazione proposte dal professore per l'algoritmo sono risultate chiare agli studenti. Per la lezione successiva non sono stati previsti compiti da svolgere a casa.

3.2.4 Quarta Lezione

La quarta lezione, l'ultima dedicata alla spiegazione prima della verifica degli apprendimenti, è stata completamente dedicata alla:

1. presentazione ed implementazione dell'algoritmo di Bubble Sort;
2. presentazione ed implementazione dell'algoritmo di Insertion Sort.

Entrambi gli algoritmi sono stati spiegati partendo dalla descrizione delle operazioni che compongono gli algoritmi, successivamente il professore ha realizzato le implementazioni mentre gli studenti potevano intervenire con eventuali domande. Dal momento che le lezioni precedenti sono state dedicate in gran parte alla spiegazione dell'algoritmo di ricerca dicotomica e visto lo scarso tempo a disposizione rimasto per concludere l'unità didattica, le spiegazioni di questi algoritmi sono state condensate in una unica lezione.

Dal momento che nella lezione successiva era previsto lo svolgimento della prova di verifica, per la spiegazione e presentazione degli algoritmi di Merge Sort e Quick Sort il professore ha registrato dei video dove illustrava i due algoritmi con dei mazzi di carte, in modo simile in cui erano già stati presentati al gruppo sperimentale, seppur in quel caso la spiegazione fosse stata in diretta in occasione della lezione a distanza.

In preparazione alla verifica agli studenti sono stati forniti alcuni esempi di esercizi e quesiti simili a quelli previsti per la verifica[A.2].

3.2.5 Quinta Lezione - Svolgimento verifica degli apprendimenti

La verifica si è svolta in maniera del tutto analoga a quella del gruppo sperimentale, e consisteva di una prova articolata in:

- quattro quesiti a risposta multipla;
- quattro esercizi di commento, correzione e comprensione di codice.

Gli studenti hanno avuto a disposizione 45 minuti; si tratta di un tempo relativamente breve e le motivazioni di questa scelta sono le stese già illustrate per il gruppo sperimentale[3.1.5]. La verifica si è svolta secondo le medesime modalità del gruppo sperimentale, ossia agli studenti era richiesto di tenere attivi videocamera e microfono per tutta la durata della prova.

Durante la verifica non sono emersi comportamenti scorretti o sospetti da parte degli studenti, a cui al termine della verifica - come accaduto per il gruppo sperimentale - è stato chiesto di compilare il questionario di gradimento dell'unità didattica[A.1].

3.3 Considerazioni

Durante lo svolgimento delle lezioni gli studenti non sapevano di far parte di una sperimentazione didattica. Questa decisione è stata presa per evitare di condizionare il comportamento degli studenti, soprattutto di quelli appartenenti al gruppo sperimentale. Entrambi i gruppi hanno risposto generalmente bene alle spiegazioni ed alle attività proposte nell'unità didattica, probabilmente anche in virtù dell'argomento trattato, che è risultato molto più interessante e stimolante rispetto a quello trattato nell'unità didattica precedente, come molti studenti hanno indicato nel questionario di gradimento[A.1]. Prima dello svolgimento della sperimentazione entrambe le sezioni avevano appena concluso un modulo, sviluppato in circa due mesi di lezione, riguardante le matrici in programmazione con C. L'argomento aveva suscitato scarso interesse negli studenti ed è stato considerato noioso da una parte di essi, forse anche a causa del molto tempo dedicato ad un argomento così specifico.

La presenza di un numero inferiore di studenti nel gruppo sperimentale ha favorito una migliore comunicazione in tutte le fasi didattiche, promuovendo la partecipazione della quasi totalità della classe in molte situazioni. Non si può dire la stessa cosa del gruppo di controllo, dove invece solo la metà della classe ha partecipato in modo attivo alle attività proposte, probabilmente anche per un più elevato numero di studenti. È probabile che il diverso ordine di presentazione degli argomenti per il gruppo di sperimentazione, abbia determinato diversi livelli di comprensione negli studenti dei due gruppi. Nel gruppo sperimentale sono risultati più chiari gli algoritmi di ordinamento, rispetto all'algoritmo di ricerca dicotomica; mentre nel gruppo di controllo l'algoritmo di ricerca dicotomica è risultato più chiaro rispetto agli algoritmi di ordinamento. Questa differenza è molto probabilmente dovuta anche al differente numero di lezioni dedicate ad ogni argomento nelle due classi.

La richiesta di consegnare le implementazioni degli esercizi proposti per casa, anche eventualmente non funzionanti o incomplete, ha messo in difficoltà non pochi studenti del gruppo sperimentale. Nell'ambito di molte altre materie, data la situazione emergenziale di didattica a distanza, agli studenti era stato comunicato che le consegne dei compiti per casa avrebbero inciso in modo significativo sulla valutazione finale. È possibile che anche questa situazione abbia frenato alcuni studenti nell'inviare consegne sbagliate o incomplete.

In generale non sembra che la sperimentazione abbia risentito troppo del potenziale effetto storia. Seppure il passaggio da un contesto di lezione classico a uno a distanza sia stato un evento inaspettato e non di poco conto, dopo due mesi di lezioni e attività online, che hanno preceduto l'avvio della sperimentazione, gli studenti si erano ormai abituati al nuovo scenario didattico.

Per quanto riguarda le tempistiche e il numero di lezioni dedicate ai vari argomenti, sono da segnalare alcuni aspetti eventualmente da rivedere, qualora si volesse riproporre l'unità didattica secondo lo schema del *productive failure*. Nel gruppo sperimentale il tempo dedicato alla presentazione degli algoritmi di Merge Sort e Quick Sort si è rivelato insufficiente, probabilmente sarebbe più opportuno dedicarci almeno metà di una lezione, se non una lezione intera. Infatti la spiegazione di questi algoritmi è stata poco seguita dagli studenti e soprattutto, visto il poco tempo speso a lezione sull'argomen-

to, gli studenti non hanno dedicato il giusto tempo per studiarli in vista della verifica degli apprendimenti. I tempi riservati all'algoritmo di ricerca dicotomica nel gruppo di controllo sono risultati eccessivi; la scelta dell'algoritmo di ricerca dicotomica come primo algoritmo da presentare nell'unità didattica non è stata ottima, infatti per gli studenti è risultato più facile affrontare gli algoritmi in ordine di difficoltà crescente, come avvenuto nel gruppo sperimentale, piuttosto che in ordine di difficoltà decrescente. Il tempo eccessivo dedicato alla ricerca dicotomica nel gruppo di controllo ha portato ad una spiegazione frettolosa degli algoritmi di Bubble Sort e Insertion Sort, e alla registrazione da parte dell'insegnante di video di spiegazione, che gli studenti hanno visionato in autonomia per gli algoritmi di Merge e Quick Sort.

Per quanto riguarda l'attività proposta nel gruppo sperimentale, tutte le implementazioni dei compiti per casa erano state previste, prima dell'emergenza, come attività laboratoriali, da svolgere singolarmente o in piccoli gruppi. Quindi in una tradizionale situazione didattica in presenza si sarebbero dedicate tre o quattro ulteriori lezioni da svolgere in laboratorio, dove agli studenti sarebbe stato richiesto di svolgere gli esercizi che in questa sperimentazione sono state assegnati come compiti per casa. Visto il differente tipo di prova finale, rispetto alle classiche verifiche di programmazione, si potrebbero assegnare esercizi e quesiti da svolgere a casa, durante l'unità didattica, di stampo simile a quelli previsti nella verifica. Infatti alcuni studenti hanno segnalato, a fine unità didattica, che avrebbero preferito svolgere anche esercizi della tipologia trovata poi in verifica anche durante lo svolgimento dell'unità didattica.

Nel seguente capitolo verranno mostrati e commentati i dati relativi alle valutazioni e alle risposte ai questionari compilati dagli studenti.

Capitolo 4

Rilevazione dei dati

Per verificare l'efficacia o meno del metodo sperimentale definito sulla base del productive failure[9, 10] rispetto a una metodologia di insegnamento più tradizionale di matrice prevalentemente istruttivista, sono stati presi in considerazione i seguenti dati:

- valutazioni degli studenti nella materia informatica;
- risposte degli studenti ai questionari di gradimento delle unità didattiche di informatica[A.1].

Nelle seguenti sezioni verranno per prima cosa illustrati e commentati i dati rilevati su entrambi i gruppi, per poi essere messi a confronto nell'ultima sezione.

4.1 Dati raccolti sul gruppo sperimentale

4.1.1 Situazione iniziale

Il gruppo di controllo, come già riportato in precedenza[2.2], si presenta alla conclusione del primo quadrimestre con le seguenti valutazioni medie:

| | Media prima valutazione | Media seconda valutazione | Media totale |
|---------|-------------------------|---------------------------|--------------|
| Maschi | 6.00 | 6.36 | 6.18 |
| Femmine | 6.14 | 6.00 | 6.49 |
| Totale | 6.07 | 6.18 | 6.33 |

Il gruppo si presenta nel complesso con una valutazione media sufficiente, solo tre studenti hanno medie insufficienti in informatica; d'altro canto, due studenti si presentano con un medie eccellenti.

Come situazione iniziale per la raccolta dei dati è stata presa la conclusione dell'unità didattica immediatamente precedente a quella condotta secondo la metodologia sperimentale. L'unità didattica appena conclusa aveva trattato l'argomento delle matrici in programmazione con il linguaggio C. Le medie delle valutazioni ottenute nella verifica degli apprendimenti, riguardante quest'ultimo argomento, hanno definito la situazione iniziale:

| | Numero valutazioni | Media valutazioni |
|---------|--------------------|-------------------|
| Maschi | 7 | 5.07 |
| Femmine | 7 | 7.07 |
| Totale | 14 | 6.07 |

Dalle medie si notano alcune peculiarità del gruppo che già erano ipotizzabili osservando le valutazioni ottenute durante il primo quadrimestre: le studentesse hanno una media decisamente più alta rispetto al gruppo maschile della classe, che invece presenta una valutazione media insufficiente sulle matrici in C. Nello specifico le valutazioni ottenute risultano essere:

- 8 valutazioni positive, di cui 5 ottenute da studentesse e 3 da studenti;
- 6 valutazioni insufficienti, di cui ben 5 ottenute da studenti.

Nella lezione successiva allo svolgimento della verifica degli apprendimenti è stato chiesto agli studenti di compilare il questionario di gradimento[A.1] del modulo appena concluso. Dei 14 studenti presenti alla verifica solo 12 erano presenti alla compilazione del questionario. Di seguito vengono mostrate le risposte ai questionari sotto forma di istogrammi.

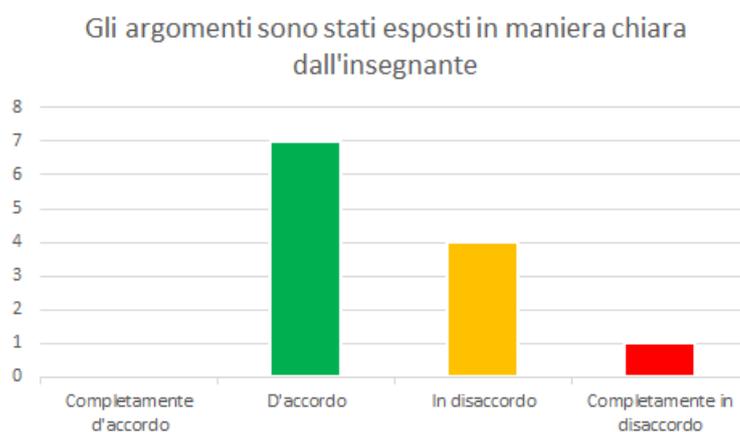


Figura 4.1: Risposte alla domanda “Gli argomenti sono stati esposti in maniera chiara dall’insegnante” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

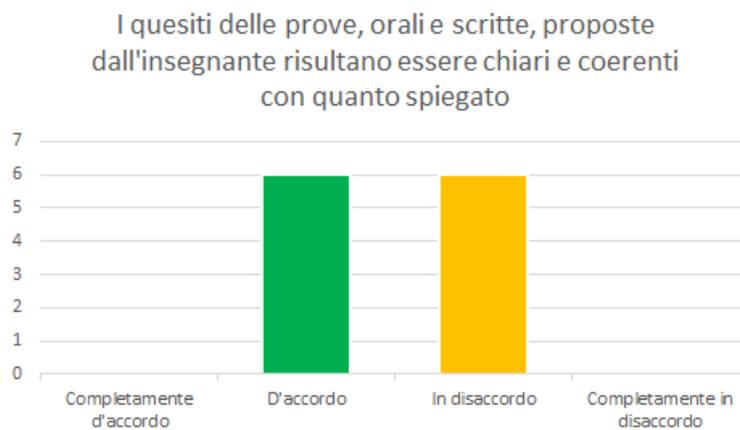


Figura 4.2: Risposte alla domanda “I quesiti delle prove, orali e scritte, proposte dall’insegnante risultano essere chiari e coerenti con quanto spiegato” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

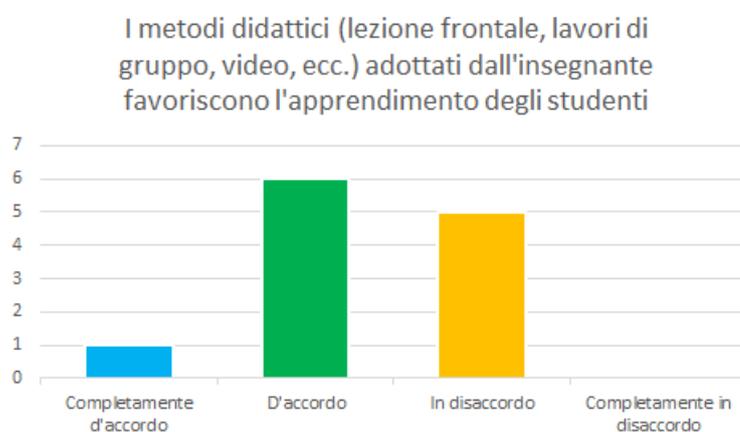


Figura 4.3: Risposte alla domanda “I metodi didattici (lezione frontale, lavori di gruppo, video, ecc.) adottati dall’insegnante favoriscono l’apprendimento degli studenti” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

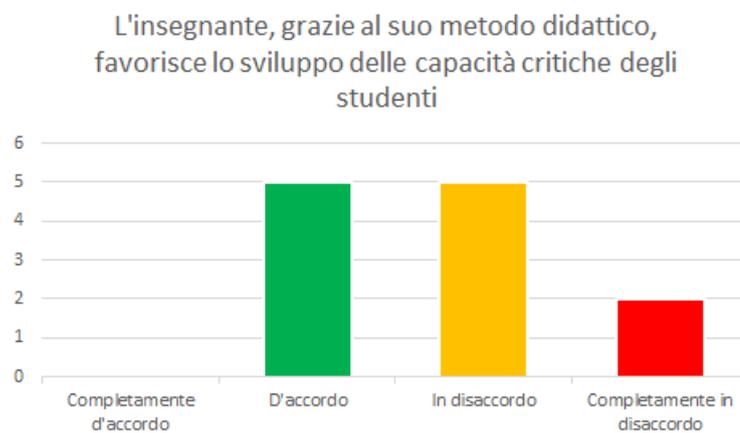


Figura 4.4: Risposte alla domanda “L’insegnante, grazie al suo metodo didattico, favorisce lo sviluppo delle capacità critiche degli studenti” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

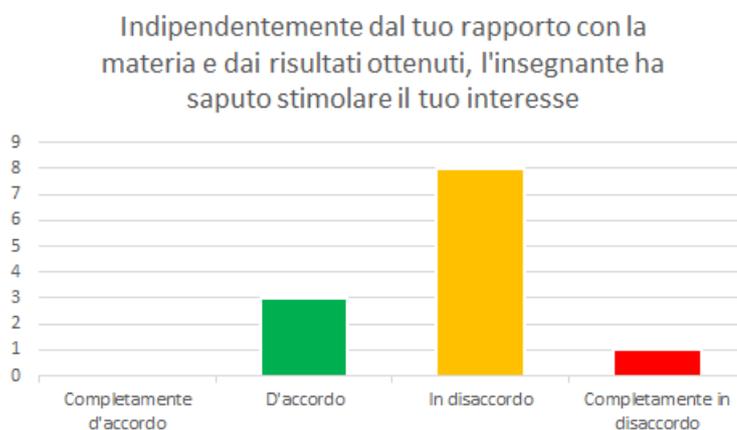


Figura 4.5: Risposte alla domanda “Indipendentemente dal tuo rapporto con la materia e dai risultati ottenuti, l’insegnante ha saputo stimolare il tuo interesse” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

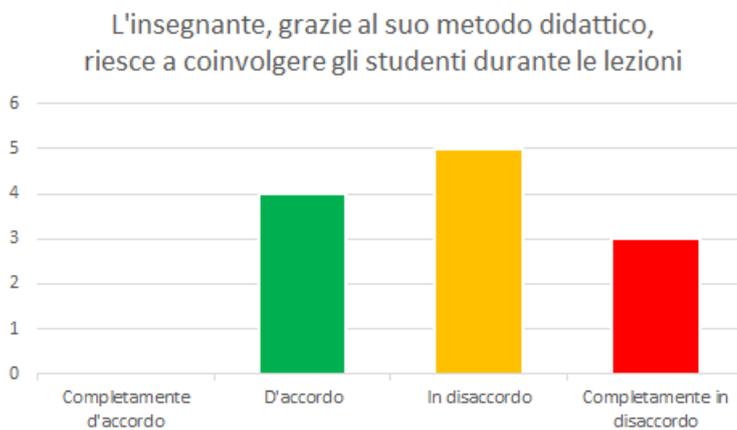


Figura 4.6: Risposte alla domanda “L’insegnante, grazie al suo metodo didattico, riesce a coinvolgere gli studenti durante le lezioni” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

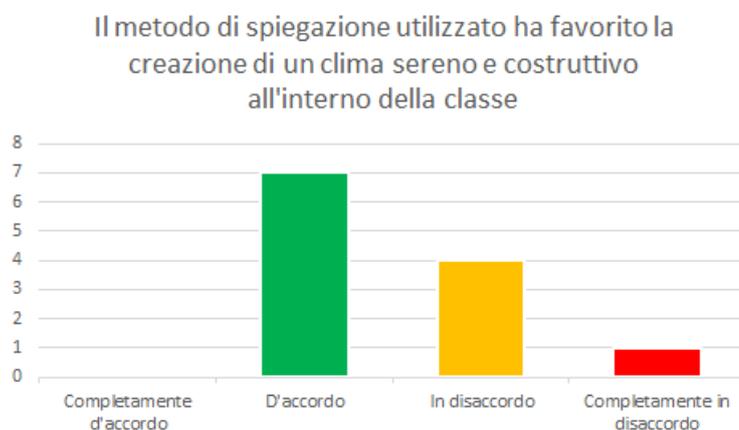


Figura 4.7: Risposte alla domanda “Il metodo di spiegazione utilizzato ha favorito la creazione di un clima sereno e costruttivo all’interno della classe” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

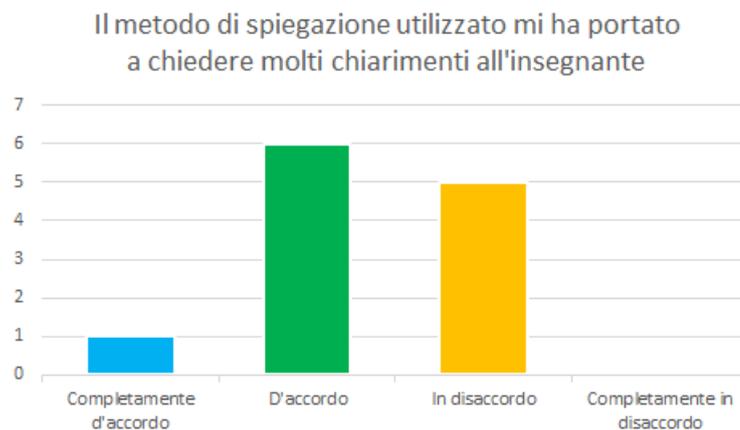


Figura 4.8: Risposte alla domanda “Il metodo di spiegazione utilizzato mi ha portato a chiedere molti chiarimenti all’insegnante” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

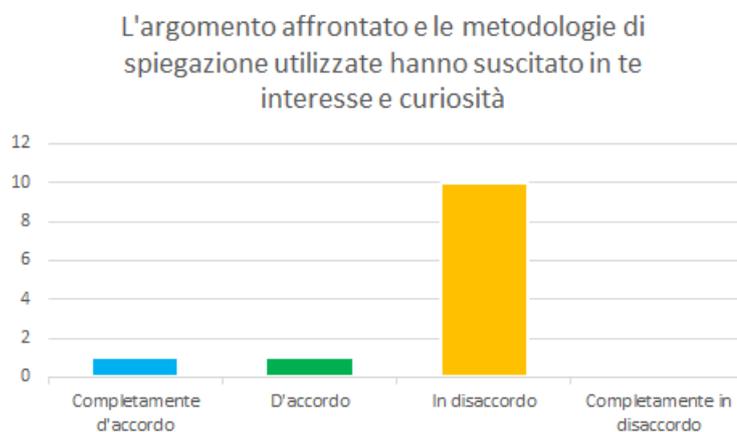


Figura 4.9: Risposte alla domanda “L’argomento affrontato e le metodologie di spiegazione utilizzate hanno suscitato in te interesse e curiosità” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

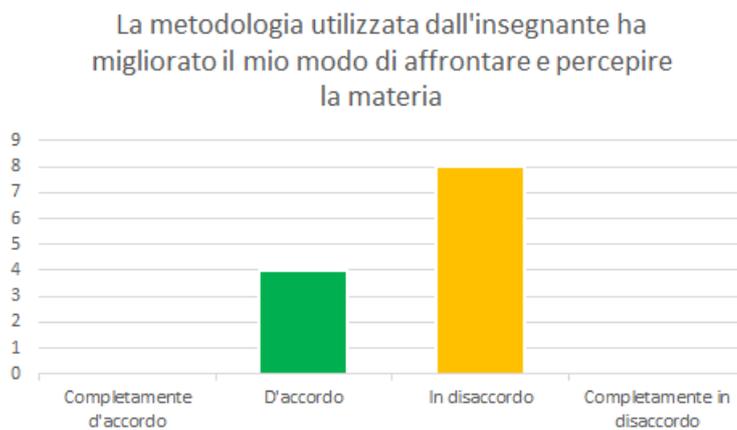


Figura 4.10: Risposte alla domanda “La metodologia utilizzata dall’insegnante ha migliorato il mio modo di affrontare e percepire la materia” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

I dati raccolti dai questionari evidenziano che gli studenti hanno sviluppato uno scarso interesse verso l'argomento trattato, figura 4.9, e molte perplessità riguardo il coinvolgimento della classe durante le lezioni, figura 4.6. In generale, osservando le risposte rilevate nella situazione iniziale si può dedurre che:

- gli studenti non hanno sviluppato un grande interesse e curiosità verso l'argomento trattato;
- il metodo didattico utilizzato risulta per gli studenti adeguato per una comprensione chiara dell'argomento;
- le lezioni non hanno favorito il coinvolgimento degli studenti durante le spiegazioni.

Dal punto di vista percentuale, le risposte a tutte le domande si sono distribuite come riportato nella seguente tabella:

| Risposta | Percentuale |
|-----------------------------|-------------|
| Completamente d'accordo | 2.50% |
| D'accordo | 40.83% |
| In disaccordo | 50.00% |
| Completamente in disaccordo | 6.67% |

4.1.2 Situazione finale

In seguito alla verifica degli apprendimenti del modulo riguardante gli algoritmi di ricerca ed ordinamento, svolto con la metodologia del productive failure, la classe si presenta con le seguenti medie:

| | Numero valutazioni | Media valutazioni |
|---------|--------------------|-------------------|
| Maschi | 7 | 6.14 |
| Femmine | 6 | 6.58 |
| Totale | 13 | 6.35 |

Alla verifica risultava assente una studentessa della classe, per questo motivo c'è una valutazione in meno rispetto alla situazione iniziale. Il gruppo maschile della classe ha ottenuto una valutazione media decisamente migliore rispetto alla situazione iniziale,

sopra la sufficienza e in crescita di un punto. D'altro canto il gruppo delle studentesse ottiene una media di mezzo voto inferiore rispetto alla situazione iniziale, media che rimane comunque superiore alla sufficienza e a quella ottenuta dai compagni maschi. Nello specifico le valutazioni ottenute si sono così distribuite:

- 8 valutazioni positive, di cui 4 ottenute da studentesse e 4 dai compagni maschi;
- 5 valutazioni insufficienti, di cui 2 ottenute da studentesse e 3 dai compagni maschi.

Il questionario di gradimento è stato compilato alla conclusione della verifica degli apprendimenti; di seguito vengono riportati le risposte degli studenti sotto forma di istogrammi.

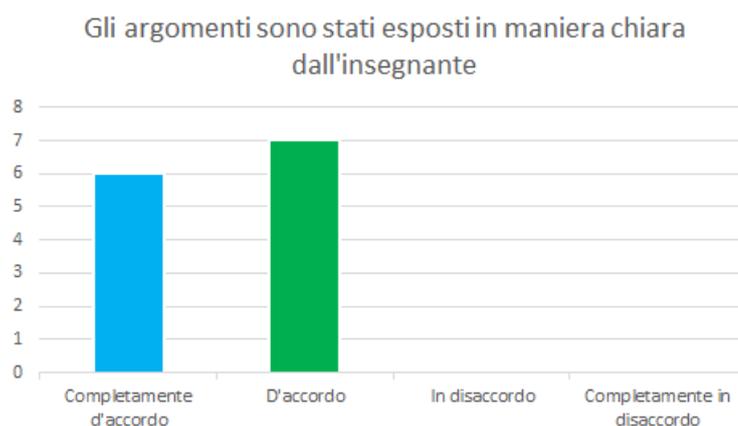


Figura 4.11: Risposte alla domanda “Gli argomenti sono stati esposti in maniera chiara dall’insegnante” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

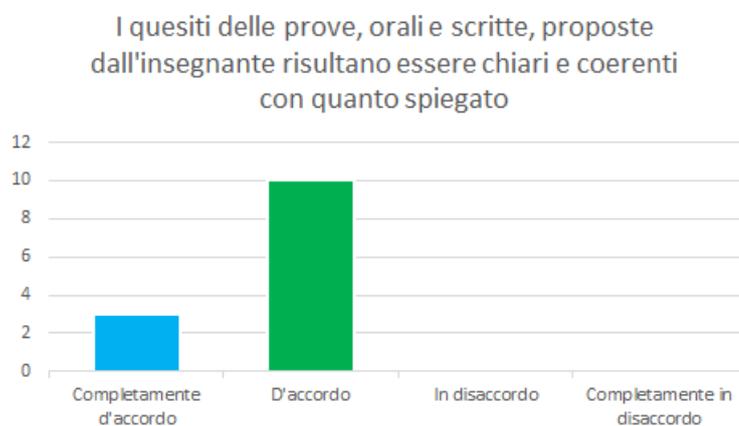


Figura 4.12: Risposte alla domanda “I quesiti delle prove, orali e scritte, proposte dall’insegnante risultano essere chiari e coerenti con quanto spiegato” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

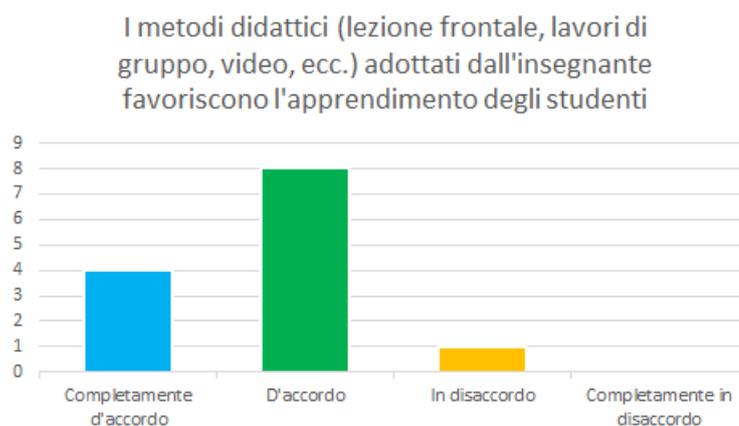


Figura 4.13: Risposte alla domanda “I metodi didattici (lezione frontale, lavori di gruppo, video, ecc.) adottati dall’insegnante favoriscono l’apprendimento degli studenti” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

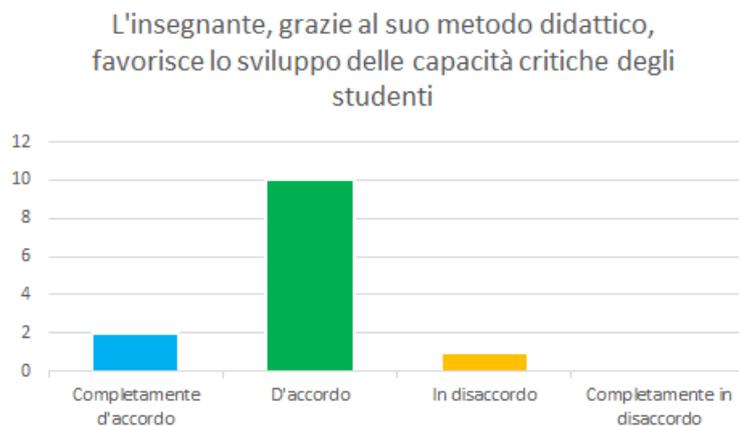


Figura 4.14: Risposte alla domanda “L’insegnante, grazie al suo metodo didattico, favorisce lo sviluppo delle capacità critiche degli studenti” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

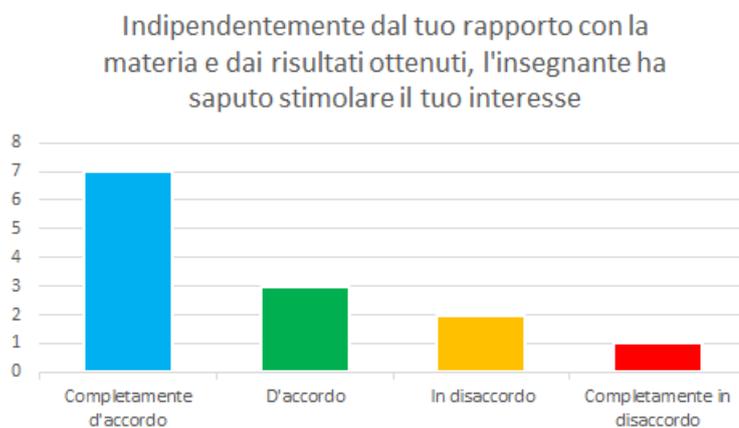


Figura 4.15: Risposte alla domanda “Indipendentemente dal tuo rapporto con la materia e dai risultati ottenuti, l’insegnante ha saputo stimolare il tuo interesse” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

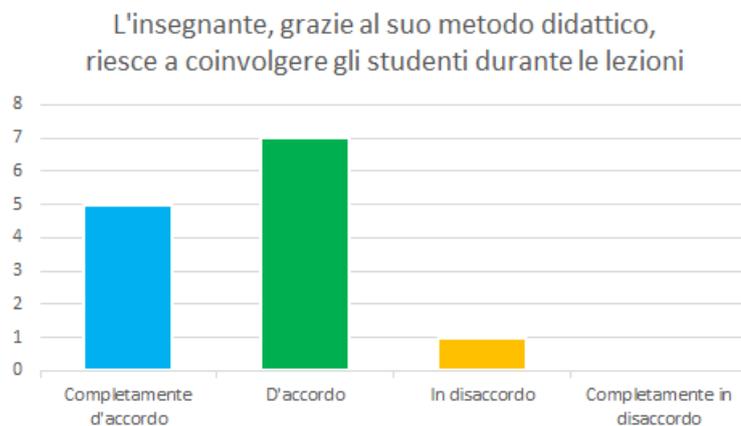


Figura 4.16: Risposte alla domanda “L’insegnante, grazie al suo metodo didattico, riesce a coinvolgere gli studenti durante le lezioni” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

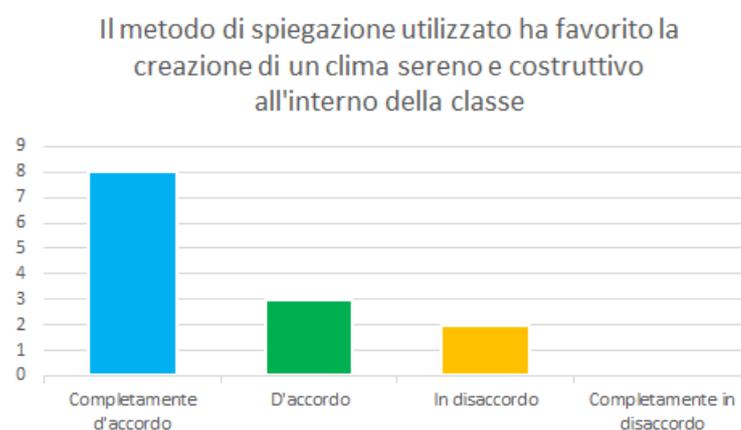


Figura 4.17: Risposte alla domanda “Il metodo di spiegazione utilizzato ha favorito la creazione di un clima sereno e costruttivo all’interno della classe” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

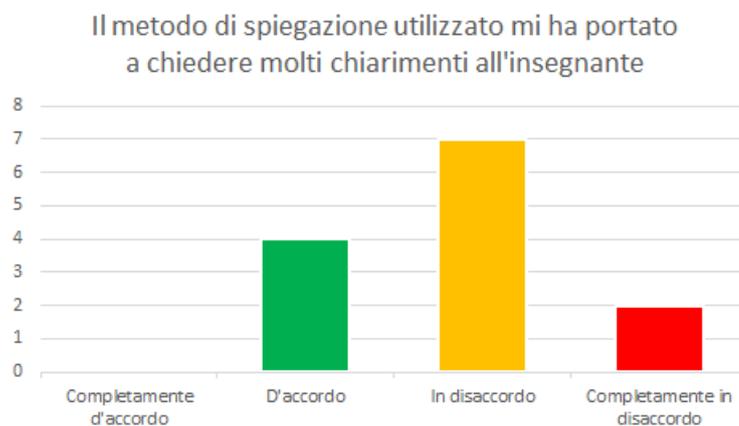


Figura 4.18: Risposte alla domanda “Il metodo di spiegazione utilizzato mi ha portato a chiedere molti chiarimenti all’insegnante” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

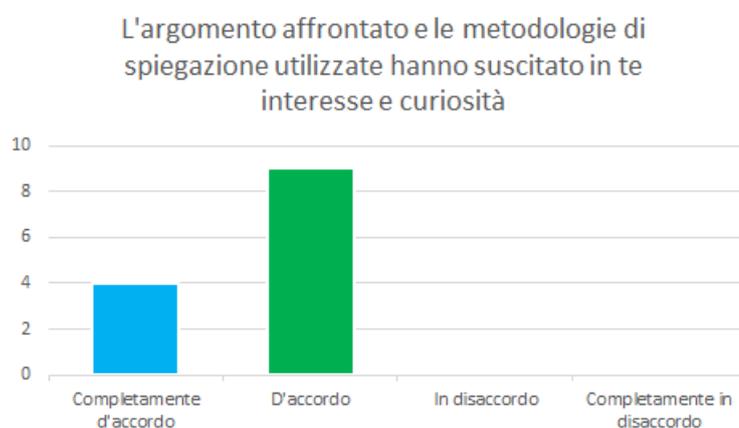


Figura 4.19: Risposte alla domanda “L’argomento affrontato e le metodologie di spiegazione utilizzate hanno suscitato in te interesse e curiosità” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

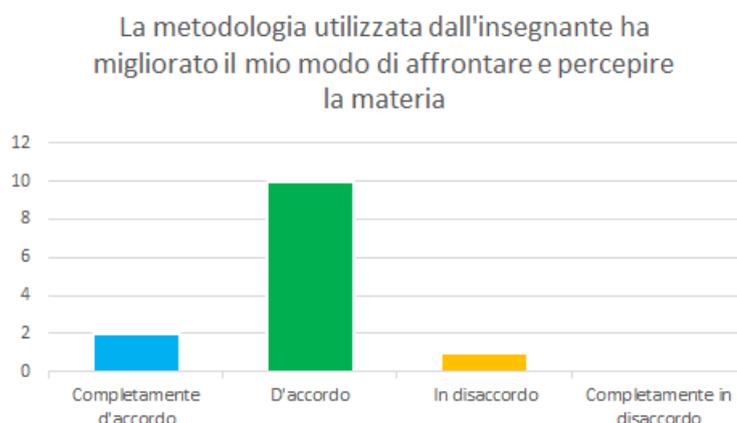


Figura 4.20: Risposte alla domanda “La metodologia utilizzata dall’insegnante ha migliorato il mio modo di affrontare e percepire la materia” da parte del gruppo sperimentale rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

I dati raccolti dai questionari evidenziano una situazione ben diversa rispetto a quella rilevata alla situazione iniziale. Nel commentare questi dati è necessario tenere conto di alcuni fattori che potrebbero aver influito sulle risposte riportate dagli studenti nel questionario:

- gli studenti a fine sperimentazione hanno segnalato di essere stati più interessati agli argomenti trattati durante l’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca, rispetto alla precedente;
- le lezioni non sono state tenute dall’insegnante titolare, ma da chi scrive, presente dall’inizio e per tutto l’anno scolastico nel ruolo di tirocinante.

Questi fattori possono aver influito positivamente sui risultati rilevati dal questionario. I dati evidenziano come il livello di coinvolgimento percepito dagli studenti, figura 4.16, è risultato molto più elevato rispetto a quello relativo all’unità didattica precedente. Interessante sono i dati riportati alla figura 4.18: molti studenti indicano che hanno chiesto pochi chiarimenti all’insegnante durante le attività svolte secondo la metodologia del productive failure. Questo dato può essere giustificato dal fatto che le lezioni sono state condotte per la maggior parte in modalità dialogata, quindi gli studenti spesso

hanno trovato risposte ai loro dubbi nella discussione tra gli allievi e l'insegnante, spesso senza dover porre direttamente le domande. Gli altri dati raccolti con il questionario indicano che gli studenti si sono sentiti decisamente coinvolti con questa metodologia didattica, e allo stesso tempo i concetti ed argomenti spiegati sono risultati chiari per una grande maggioranza del gruppo, figura 4.11. Dal punto di vista percentuale, le risposte a tutte le domande del questionario finale si sono così distribuite:

| Risposta | Percentuale |
|-----------------------------|-------------|
| Completamente d'accordo | 31.54% |
| D'accordo | 54.62% |
| In disaccordo | 11.54% |
| Completamente in disaccordo | 2.31% |

Al termine dell'unità didattica, agli studenti è stato comunicato per la prima volta la loro partecipazione alla sperimentazione. Durante questa chiacchierata informale gli studenti hanno riconfermato i feedback positivi indicati anche nelle risposte al questionario di gradimento. Molti hanno apprezzato le lezioni dialogate e anche la proposta di problemi mal strutturati da svolgere, nonostante le difficoltà incontrate nell'affrontarli. Durante la chiacchierata gli studenti hanno generalmente confermato di aver compreso più facilmente concetti chiave degli algoritmi di ordinamento e ricerca grazie a questa metodologia.

4.2 Dati raccolti sul gruppo di controllo

4.2.1 Situazione iniziale

Il gruppo di controllo, composto da 23 studenti, alla conclusione del primo quadrimestre si presenta con la seguente situazione valutativa:

| | Media prima valutazione | Media seconda valutazione | Media totale |
|---------|-------------------------|---------------------------|--------------|
| Maschi | 6.07 | 5.64 | 5.90 |
| Femmine | 6.22 | 6.44 | 6.51 |
| Totale | 6.13 | 5.96 | 6.14 |

Le valutazioni risultano nella media sufficienti, come per il gruppo sperimentale, le studentesse si presentano con medie migliori rispetto a quelle dei compagni maschi, medie che risultano leggermente inferiori alla sufficienza. Nello specifico nove studenti alla conclusione del quadrimestre hanno una media insufficiente, tra cui sette maschi e due femmine. Il resto della classe ha una valutazione più che sufficiente, di cui sei studenti con valutazioni decisamente superiori alla media.

Come per il gruppo sperimentale, la situazione iniziale è stata rilevata alla conclusione dell'unità didattica immediatamente precedente alla sperimentazione. Anche questa classe aveva affrontato la programmazione delle matrici in C. Le valutazioni medie ottenute dagli studenti durante la verifica degli apprendimenti sono state le seguenti:

| | Numero valutazioni | Media valutazioni |
|---------|--------------------|-------------------|
| Maschi | 14 | 5.79 |
| Femmine | 9 | 6.72 |
| Totale | 23 | 6.15 |

Le valutazioni medie della verifica confermano le medie ottenute dagli studenti al termine del primo quadrimestre, con un leggero miglioramento nel gruppo femminile della classe e un lieve peggioramento del gruppo degli studenti maschi. Nello specifico le valutazioni si sono così distribuite:

- 12 valutazioni positive, di cui sette ottenute da studentesse e cinque ottenute dai compagni maschi;
- 11 valutazioni insufficienti, di cui due ottenute da studentesse e nove ottenute dai compagni maschi.

Il questionario di gradimento[A.1] è stato compilato dagli studenti non appena terminata la prova di verifica. Di seguito vengono proposti gli istogrammi che rappresentano delle risposte ottenute rilevate dal questionario per tutti i 23 studenti della classe (nessuna assenza).

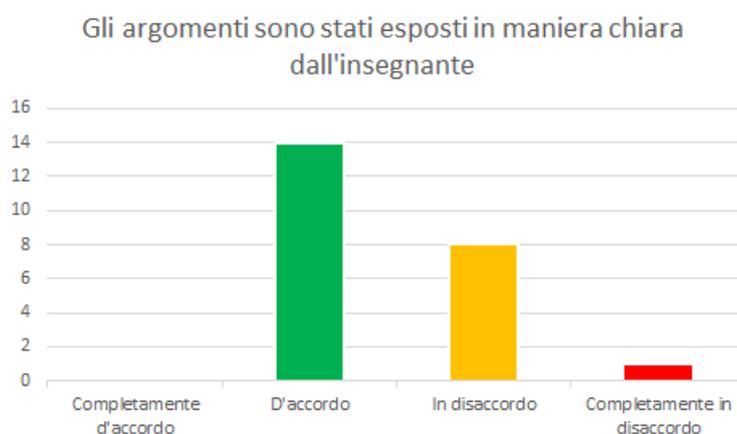


Figura 4.21: Risposte alla domanda “Gli argomenti sono stati esposti in maniera chiara dall’insegnante” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

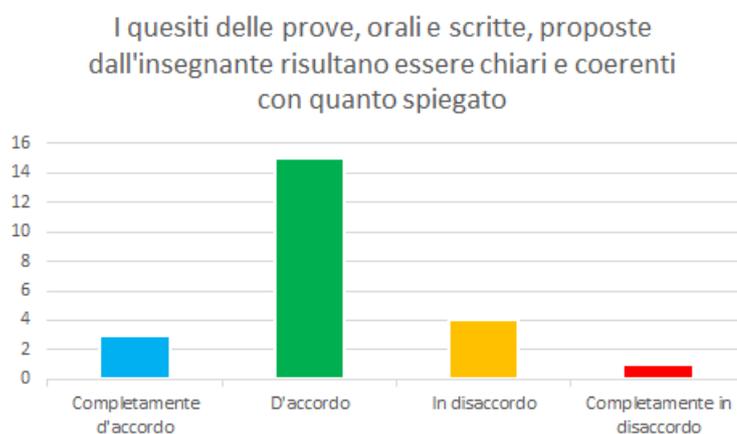


Figura 4.22: Risposte alla domanda “I quesiti delle prove, orali e scritte, proposte dall’insegnante risultano essere chiari e coerenti con quanto spiegato” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

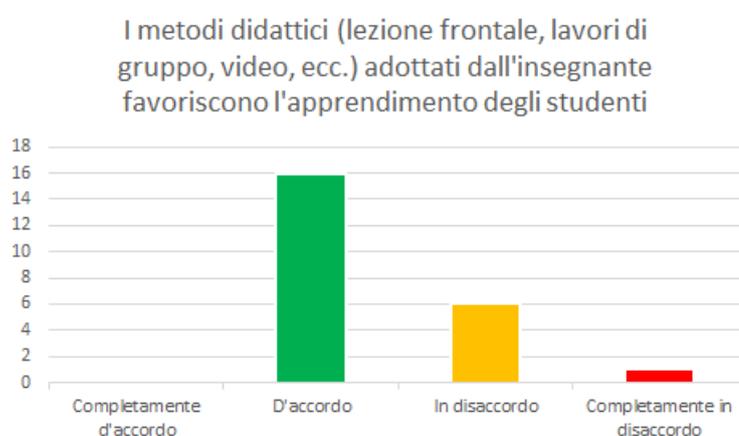


Figura 4.23: Risposte alla domanda “I metodi didattici (lezione frontale, lavori di gruppo, video, ecc.) adottati dall’insegnante favoriscono l’apprendimento degli studenti” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

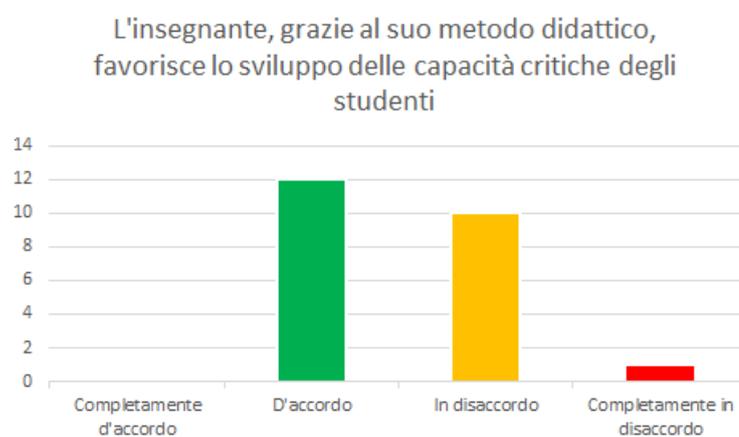


Figura 4.24: Risposte alla domanda “L’insegnante, grazie al suo metodo didattico, favorisce lo sviluppo delle capacità critiche degli studenti” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

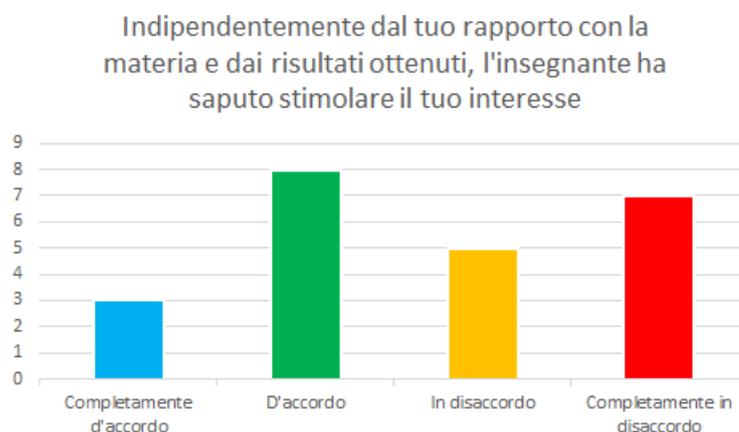


Figura 4.25: Risposte alla domanda “Indipendentemente dal tuo rapporto con la materia e dai risultati ottenuti, l’insegnante ha saputo stimolare il tuo interesse” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

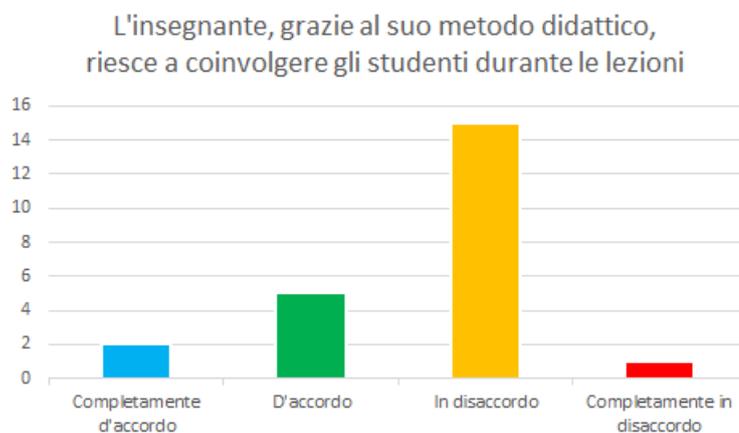


Figura 4.26: Risposte alla domanda “L’insegnante, grazie al suo metodo didattico, riesce a coinvolgere gli studenti durante le lezioni” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

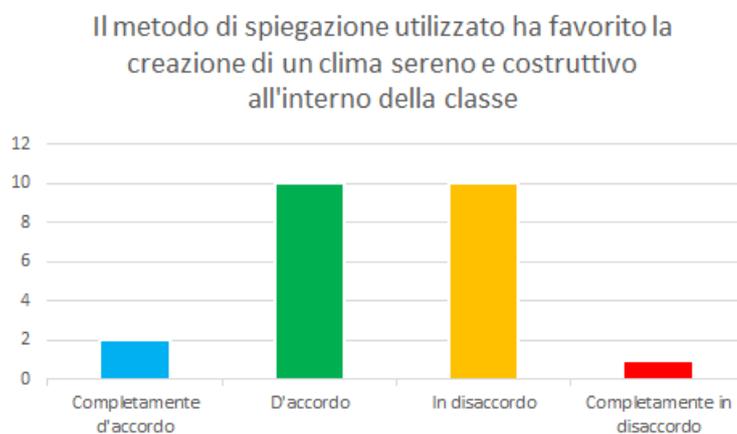


Figura 4.27: Risposte alla domanda “Il metodo di spiegazione utilizzato ha favorito la creazione di un clima sereno e costruttivo all’interno della classe” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

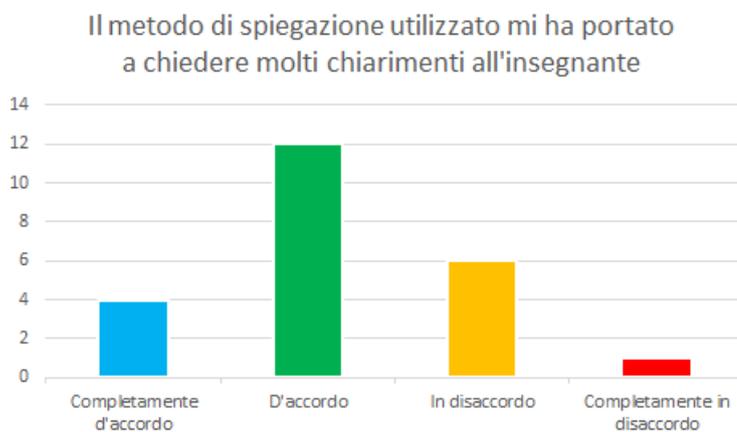


Figura 4.28: Risposte alla domanda “Il metodo di spiegazione utilizzato mi ha portato a chiedere molti chiarimenti all’insegnante” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

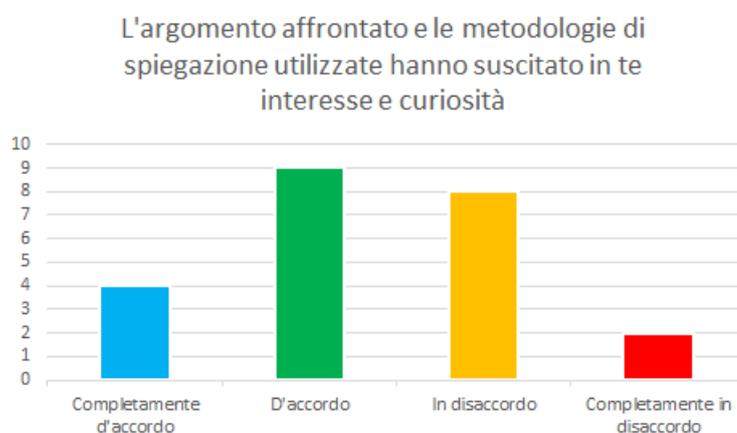


Figura 4.29: Risposte alla domanda “L’argomento affrontato e le metodologie di spiegazione utilizzate hanno suscitato in te interesse e curiosità” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

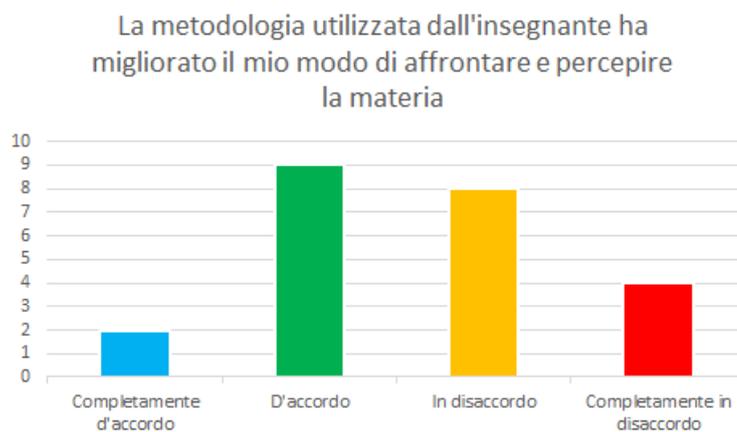


Figura 4.30: Risposte alla domanda “La metodologia utilizzata dall’insegnante ha migliorato il mio modo di affrontare e percepire la materia” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sulle matrici in C (situazione iniziale)

I dati rilevati dal questionario mostrano una situazione abbastanza bilanciata: come per il gruppo sperimentale la metodologia tradizionale è risultata poco coinvolgente per gli studenti, figura 4.26. Le spiegazioni sono risultate chiare per la maggior parte della classe, figura 4.21, anche se molti studenti riportano di aver chiesto molti chiarimenti all'insegnante, figura 4.28. La situazione nel complesso risulta molto simile alla situazione iniziale rilevata nel gruppo sperimentale. Le risposte fornite al questionario sono riassunte in termini percentuali come segue:

| Risposta | Percentuale |
|-----------------------------|-------------|
| Completamente d'accordo | 8.70% |
| D'accordo | 47.83% |
| In disaccordo | 34.78% |
| Completamente in disaccordo | 8.70% |

4.2.2 Situazione finale

A seguito della verifica degli apprendimenti sugli algoritmi di ricerca ed ordinamento, la classe si presenta con le seguenti valutazioni medie:

| | Numero valutazioni | Media valutazioni |
|---------|--------------------|-------------------|
| Maschi | 14 | 5.89 |
| Femmine | 9 | 5.78 |
| Totale | 23 | 5.85 |

La media delle valutazioni è di poco inferiore alla sufficienza. La parte maschile della classe non presenta una significativa variazione rispetto alla situazione iniziale, mentre le studentesse registrano una diminuzione di quasi un punto sulla media rispetto alla situazione iniziale. Nello specifico le valutazioni si sono così distribuite:

- 13 valutazioni positive, di cui sei ottenute da studentesse e le restanti sette dai compagni maschi;
- 10 valutazioni insufficienti, di cui tre ottenute da studentesse e sette ottenute dai compagni maschi.

Il numero di insufficienze ottenuto dalle studentesse non risulta elevato, infatti solo tre allieve hanno ottenuto una valutazione insufficiente, tuttavia queste risultano molto gravi mentre le valutazioni positive risultano essere poco sopra la sufficienza; per questo motivo la media delle valutazioni risulta inferiore alla sufficienza. Al termine della prova di verifica è stato chiesto agli studenti di compilare il questionario[A.1]. Le risposte sono state fornite da 22 studenti, dei 23 studenti presenti alla verifica, poiché uno di questi non ha compilato il questionario. Di seguito sono rappresentate le risposte sotto forma di istogrammi.

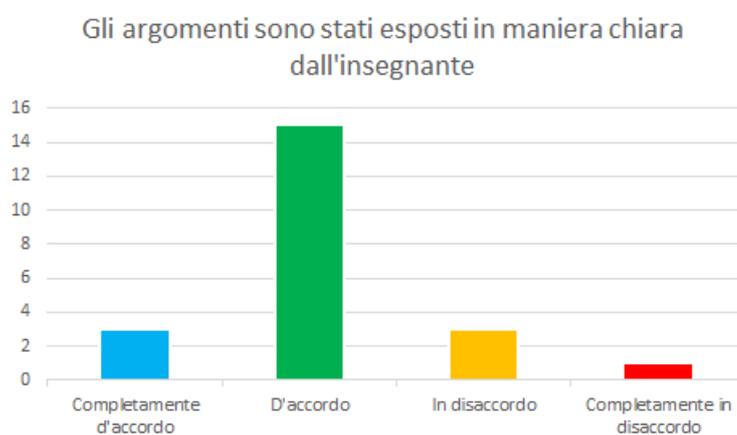


Figura 4.31: Risposte alla domanda “Gli argomenti sono stati esposti in maniera chiara dall’insegnante” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)



Figura 4.32: Risposte alla domanda “I quesiti delle prove, orali e scritte, proposte dall’insegnante risultano essere chiari e coerenti con quanto spiegato” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

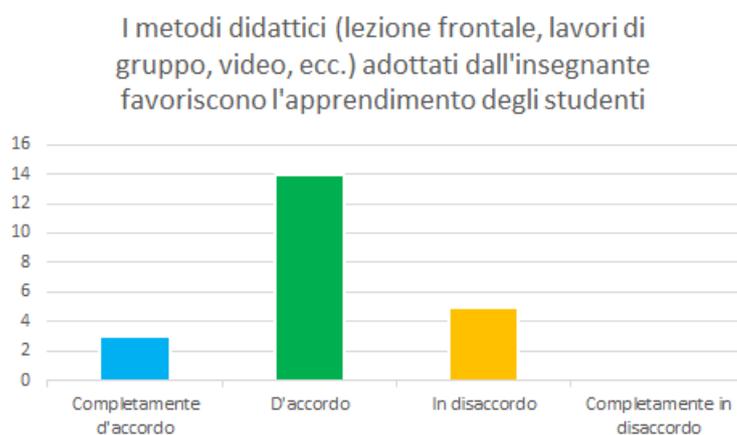


Figura 4.33: Risposte alla domanda “I metodi didattici (lezione frontale, lavori di gruppo, video, ecc.) adottati dall’insegnante favoriscono l’apprendimento degli studenti” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

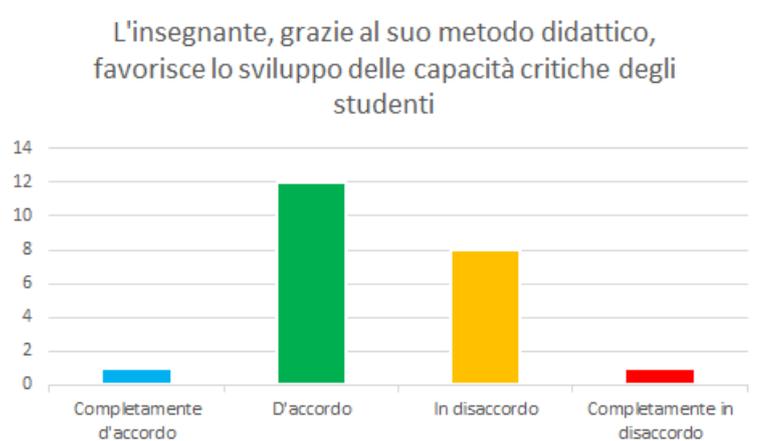


Figura 4.34: Risposte alla domanda “L’insegnante, grazie al suo metodo didattico, favorisce lo sviluppo delle capacità critiche degli studenti” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

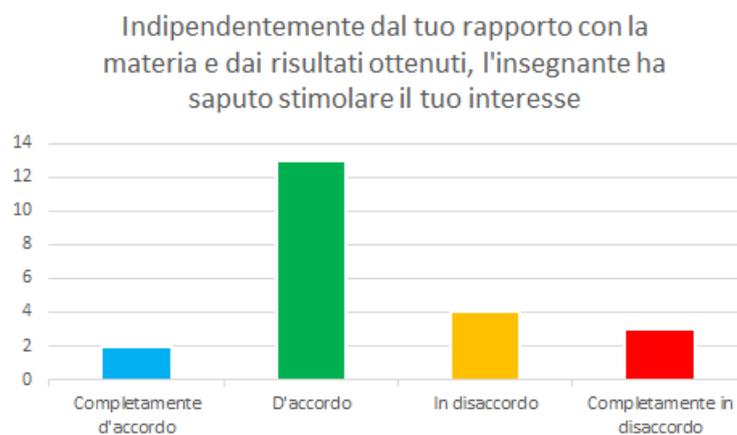


Figura 4.35: Risposte alla domanda “Indipendentemente dal tuo rapporto con la materia e dai risultati ottenuti, l’insegnante ha saputo stimolare il tuo interesse” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

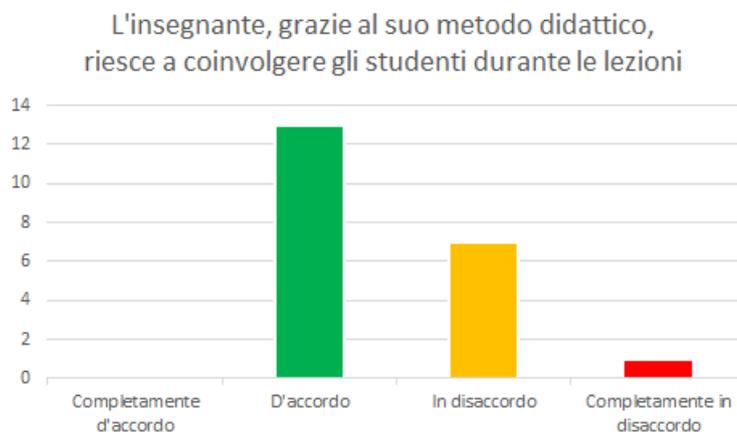


Figura 4.36: Risposte alla domanda “L’insegnante, grazie al suo metodo didattico, riesce a coinvolgere gli studenti durante le lezioni” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

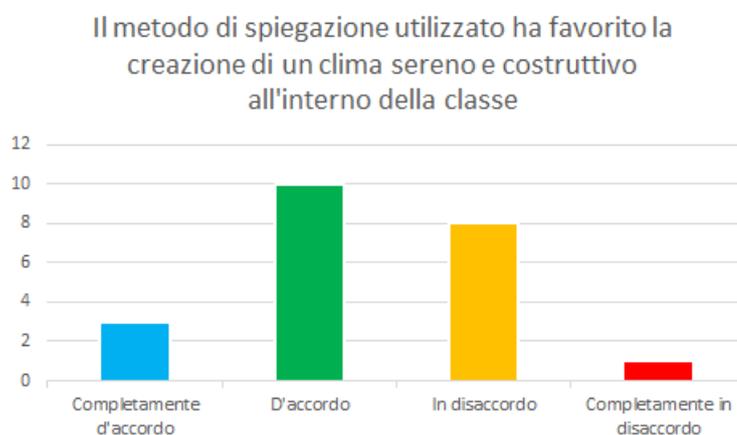


Figura 4.37: Risposte alla domanda “Il metodo di spiegazione utilizzato ha favorito la creazione di un clima sereno e costruttivo all’interno della classe” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

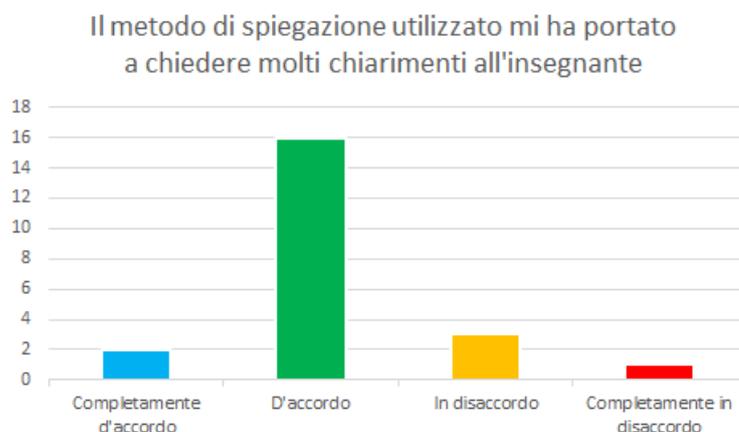


Figura 4.38: Risposte alla domanda “Il metodo di spiegazione utilizzato mi ha portato a chiedere molti chiarimenti all’insegnante” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

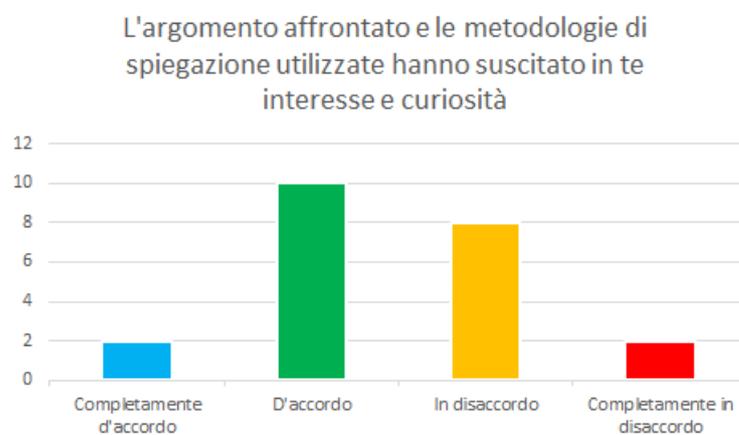


Figura 4.39: Risposte alla domanda “L’argomento affrontato e le metodologie di spiegazione utilizzate hanno suscitato in te interesse e curiosità” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

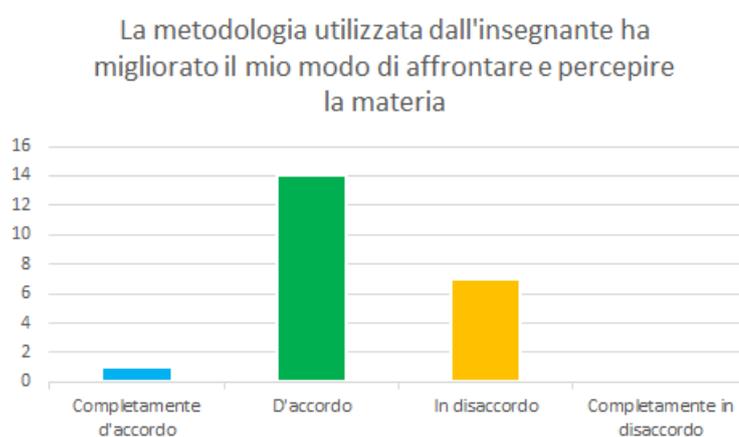


Figura 4.40: Risposte alla domanda “La metodologia utilizzata dall’insegnante ha migliorato il mio modo di affrontare e percepire la materia” da parte del gruppo di controllo rispetto all’unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca (situazione finale)

Le risposte raccolte nei questionari mostrano un leggero miglioramento, soprattutto per quanto riguarda il coinvolgimento degli studenti nella partecipazione alla lezione, figura 4.36. Sicuramente questo coinvolgimento ed interesse maggiore, figura 4.35, sono conseguenza dell'argomento trattato che, rispetto alle matrici in programmazione, è risultato più apprezzato e stimolante per gli studenti di entrambi i gruppi, questo dato non è direttamente riscontrabile dalle risposte ma è stato riportato dalla maggior parte degli studenti durante una lezione successiva alla conclusione della sperimentazione. Molto alto è il numero di risposte positive alla domanda: "Il metodo di spiegazione utilizzato mi ha portato a chiedere molti chiarimenti all'insegnante", illustrata nella figura 4.38, complice anche il poco tempo dedicato ad alcuni argomenti durante lo svolgimento dell'unità didattica. Le risposte a tutte le domande del questionario sono così riassunte in termini percentuali:

| Risposta | Percentuale |
|-----------------------------|-------------|
| Completamente d'accordo | 8.68% |
| D'accordo | 60.27% |
| In disaccordo | 26.03% |
| Completamente in disaccordo | 5.02% |

4.3 Confronto dei dati

Di seguito verranno confrontati i dati rilevati durante la sperimentazione sui due gruppi.

4.3.1 Situazione iniziale

I due gruppi al termine del primo quadrimestre si presentano con valutazioni distribuite come indicato nella figura 4.41.

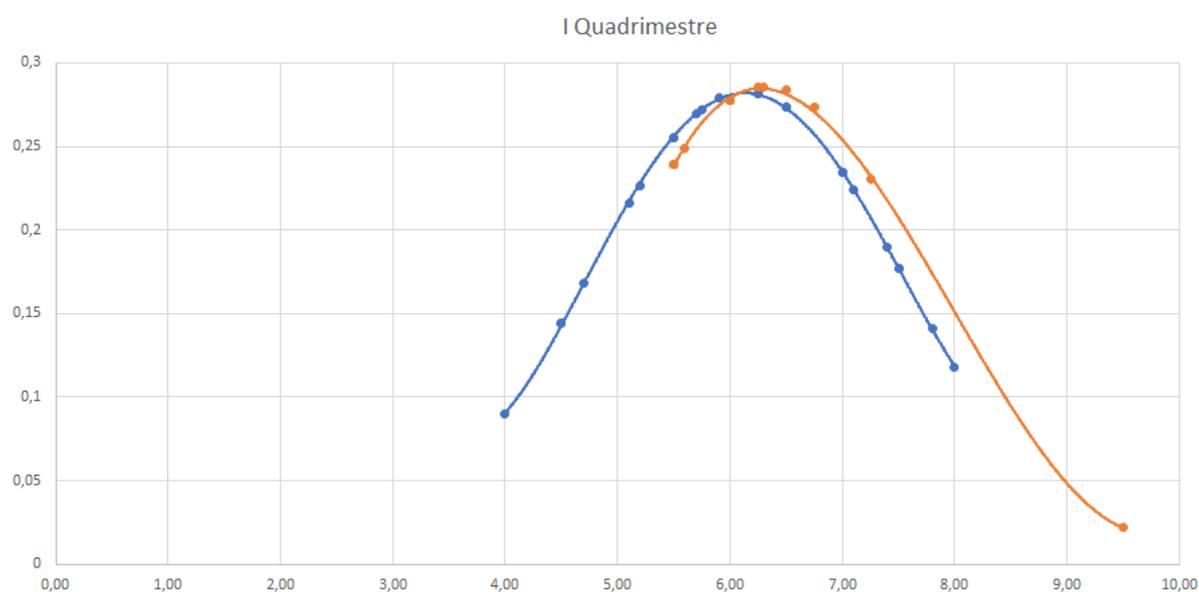


Figura 4.41: Grafico della distribuzione normale delle valutazioni medie ottenute dagli studenti durante il primo quadrimestre. In blu è indicata la distribuzione delle valutazioni del gruppo di controllo, in arancione la distribuzione delle valutazioni del gruppo sperimentale.

Al termine del primo quadrimestre entrambe le classi (gruppo sperimentale e gruppo di controllo) si presentano con la maggior parte delle valutazioni intorno alla sufficienza. Le insufficienze nel gruppo di controllo risultano più gravi rispetto alle insufficienze del gruppo sperimentale. Nel gruppo sperimentale si nota la presenza di uno studente con una media di valutazione eccellente.

Al termine della verifica degli apprendimenti sulle matrici in programmazione in C, quindi nella situazione iniziale della sperimentazione, le valutazioni risultano distribuite come mostrato alla figura 4.42.

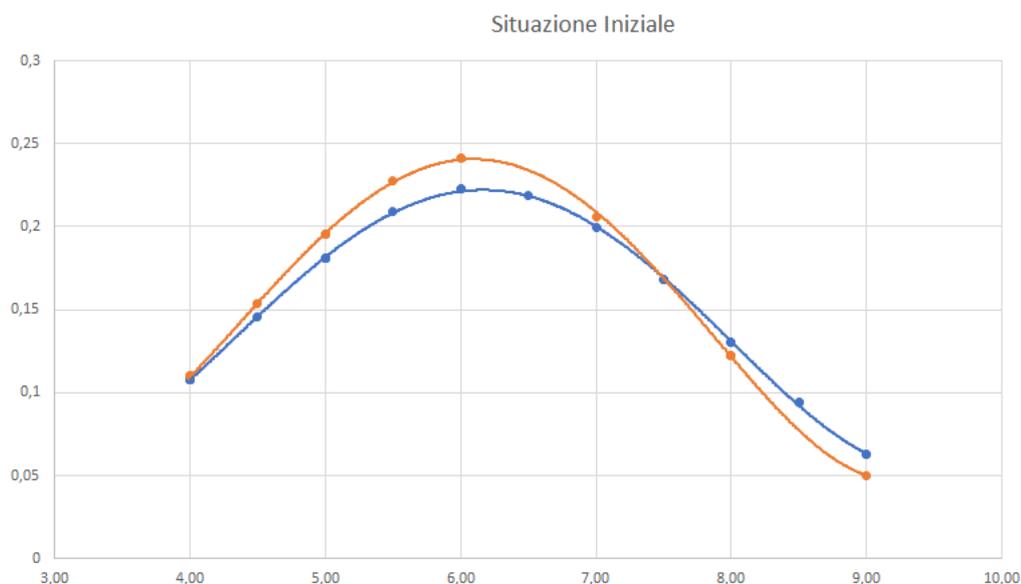


Figura 4.42: Grafico della distribuzione normale delle valutazioni medie ottenute dagli studenti al termine della verifica degli apprendimenti sulle matrici in C. Rappresentazione della situazione iniziale sui due gruppi. In blu è indicata la distribuzione delle valutazioni del gruppo di controllo, in arancione la distribuzione delle valutazioni del gruppo sperimentale.

I due gruppi durante la situazione iniziale si presentano con valutazioni distribuite in maniera quasi equivalente. Per quanto riguarda i dati rilevati dai questionari, ad ogni risposta possibile è stato attribuito un valore numerico, secondo la seguente corrispondenza:

- completamente d'accordo: 1.00;
- d'accordo: 0.75;
- in disaccordo: 0.50;
- completamente in disaccordo: 0.25.

In questo modo è stato possibile realizzare i grafici delle risposte e confrontarli. Nella figura 4.43 vengono rappresentate le distribuzioni normali delle risposte al questionario nella situazione iniziale.

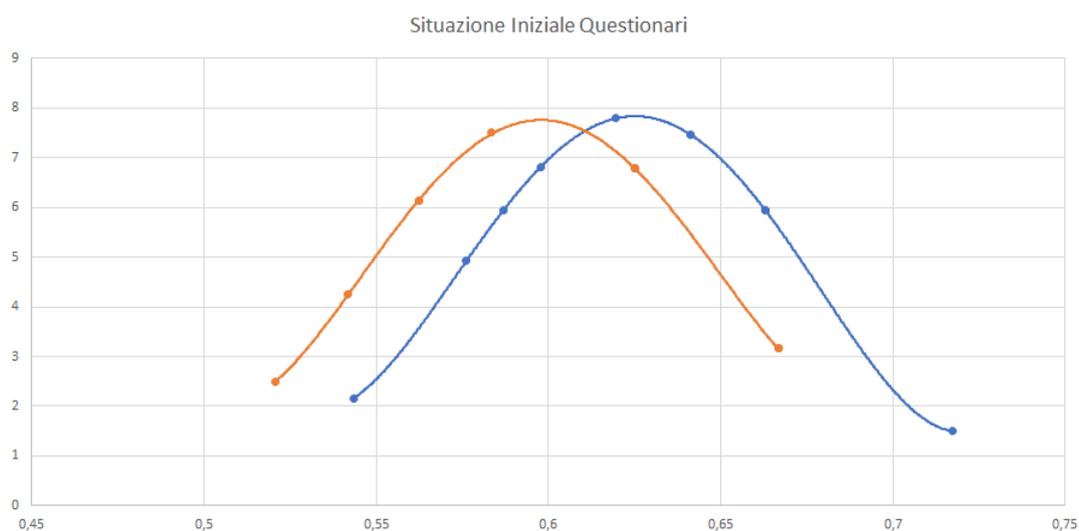


Figura 4.43: Grafico della distribuzione normale delle risposte degli studenti al questionario[A.1] compilato alla situazione iniziale. In blu è indicata la distribuzione delle risposte del gruppo di controllo, in arancione la distribuzione delle risposte del gruppo sperimentale.

Il primo questionario compilato alla situazione iniziale indica una leggera tendenza positiva da parte del gruppo di controllo, rispetto alle risposte del gruppo sperimentale che si orientano verso un feedback leggermente più negativo.

Si può quindi dire che i due gruppi si presentano nella situazione iniziale quasi sullo stesso livello dal punto di vista delle valutazioni, mentre il gruppo di controllo esprime un feedback leggermente più positivo rispetto a quello del gruppo sperimentale.

4.3.2 Situazione finale

Al termine della verifica relativa al modulo sperimentale (algoritmi di ricerca e ordinamento), i due gruppi si presentano con una distribuzione delle valutazioni come mostrato in figura 4.44.

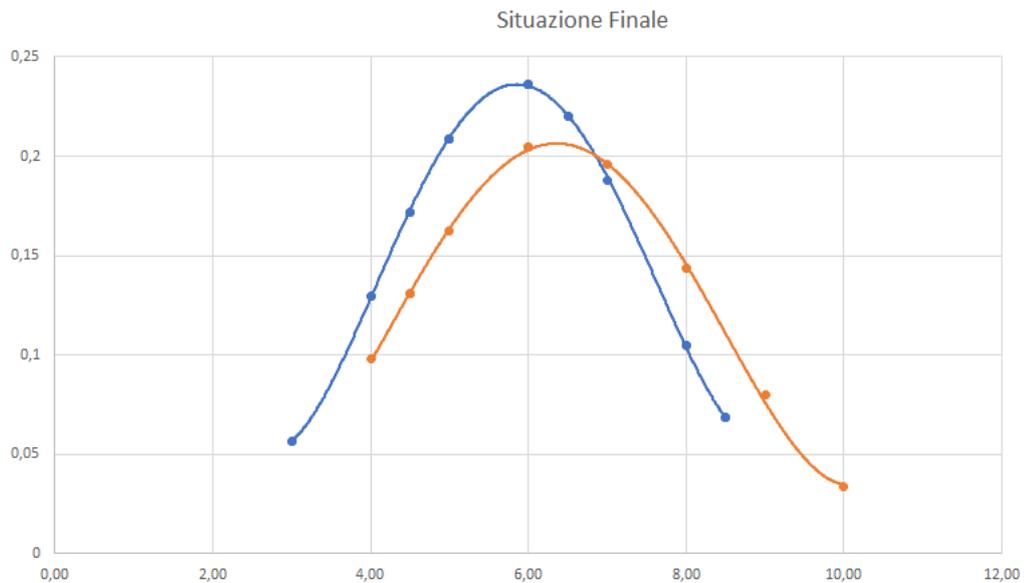


Figura 4.44: Grafico della distribuzione normale delle valutazioni ottenute dagli studenti nella verifica degli apprendimenti sugli algoritmi di ricerca ed ordinamento. Rappresentazione della situazione finale sui due gruppi. In blu è indicata la distribuzione delle valutazioni del gruppo di controllo, in arancione la distribuzione delle valutazioni del gruppo sperimentale.

Il grafico della distribuzione normale delle valutazioni ottenute nella situazione finale mostra il gruppo sperimentale più spostato verso delle valutazioni positive rispetto al gruppo di controllo. Situazione già prevedibile ed ipotizzabile dal semplice confronto delle medie di valutazione ottenute dai due gruppi, che risultava più elevata nel gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo.

Come per la situazione iniziale, anche per la situazione finale è stata rappresentata graficamente la distribuzione delle risposte degli studenti ai questionari di gradimento[A.1]. Questi dati sono rappresentati nella figura 4.45.

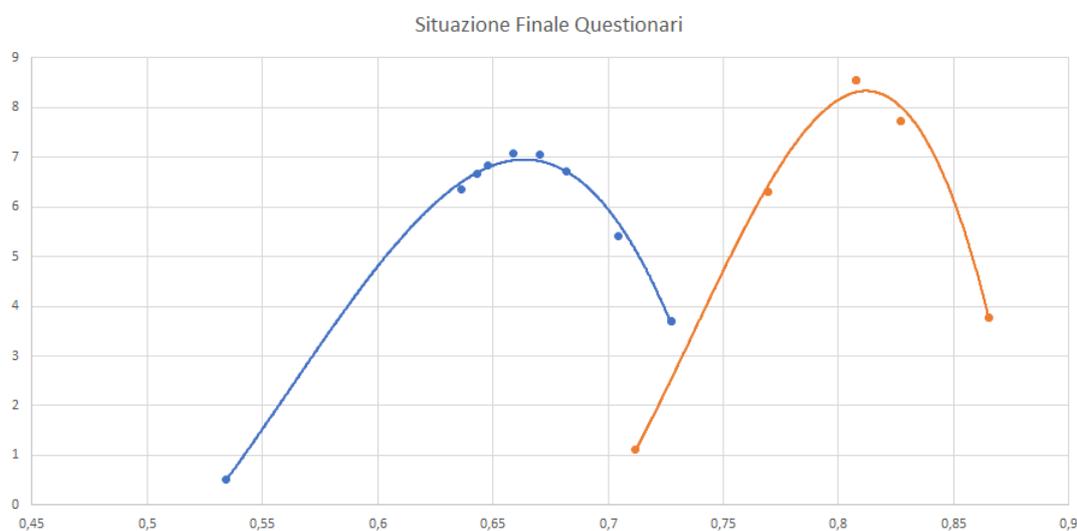


Figura 4.45: Grafico della distribuzione normale delle risposte degli studenti al questionario[A.1] compilato nella situazione finale. In blu è indicata la distribuzione delle risposte del gruppo di controllo, in arancione la distribuzione delle risposte del gruppo sperimentale.

Il grafico ottenuto nella situazione finale, per quanto riguarda le risposte al questionario, risulta decisamente sbilanciato. Infatti le risposte del gruppo sperimentale, in seguito all'unità didattica svolta con metodologia *productive failure*, risultano di gran lunga migliori rispetto a quelle del gruppo di controllo. Questo dato non è da considerarsi completamente affidabile: il fatto che le lezioni non siano state condotte dall'insegnante della classe ha probabilmente condizionato in positivo la partecipazione e l'interesse degli studenti (effetto dovuto alle eventuali differenze dei due insegnanti). Infatti trovarsi a seguire lezioni condotte da un insegnante diverso dal proprio è un elemento di novità che può facilmente portare un cambiamento nell'atteggiamento e nel comportamento degli studenti.

4.3.3 Evoluzione dei dati sui due gruppi

Oltre ad un confronto fra le due situazioni rilevate nei due gruppi, i dati sono stati messi a confronto nella loro evoluzione. In particolare sono stati confrontati i dati del

gruppo sperimentale ottenuti nella situazione iniziale con quelli ottenuti nella situazione finale, e lo stesso confronto è stato fatto sui dati del gruppo di controllo.

Gruppo sperimentale

Nel grafico a figura 4.46 sono rappresentate le due distribuzioni normali delle valutazioni ottenute dal gruppo sperimentale nella situazione iniziale e in quella finale.

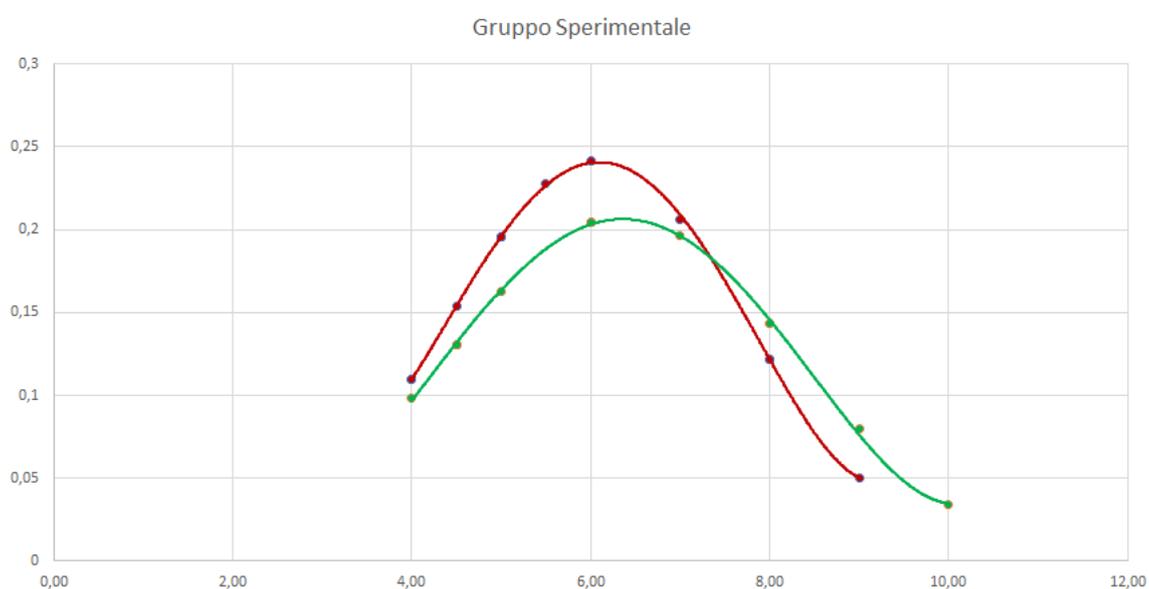


Figura 4.46: Grafico della distribuzione normale delle valutazioni ottenute dal gruppo sperimentale nella situazione iniziale, indicate dal colore rosso, e nella situazione finale, indicate dal colore verde.

Rispetto alla situazione iniziale, la situazione finale presenta un leggero miglioramento, infatti le valutazioni sono in parte più distribuite verso destra, cioè verso valori migliori.

Nella figura 4.47 sono rappresentate le due distribuzioni normali delle risposte date ai questionari di gradimento nella situazione iniziale e in quella finale.

Come per il confronto effettuato sulle risposte ai questionari nella situazione finale dei due gruppi, anche in questi grafici c'è una differenza notevole. Le risposte date nel

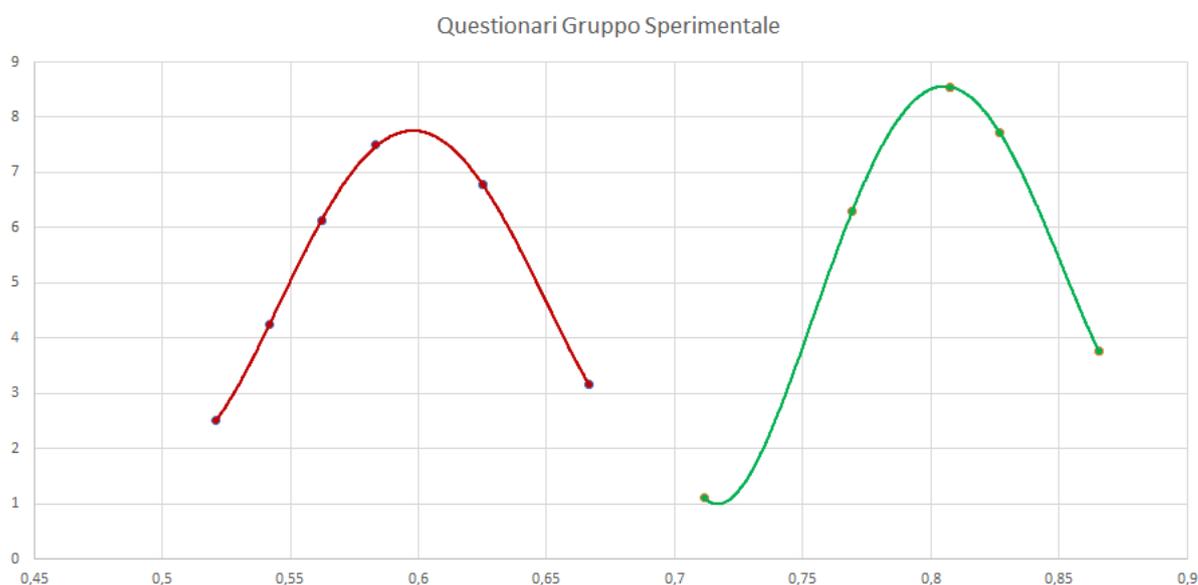


Figura 4.47: Grafico della distribuzione normale delle risposte ai questionari date dal gruppo sperimentale nella situazione iniziale, indicate dal colore rosso, e nella situazione finale, indicate dal colore verde.

questionario svolto nella situazione finale risultano decisamente migliori rispetto a quelle ottenute in occasione del rilevamento della situazione iniziale. Come spiegato precedentemente questa differenza notevole nelle due situazioni può essere in parte giustificata dal fatto che le lezioni non erano tenute dal professore titolare della materia. Quindi il clima di novità e di conseguente curiosità da parte degli studenti ha portato a dei cambiamenti involontari negli atteggiamenti di questi, che di conseguenza hanno risposto al questionario lasciando un feedback decisamente migliore.

Gruppo di controllo

Anche i dati rilevati nel gruppo di controllo durante le due situazioni sono stati messi a confronto. Nella figura 4.48 sono rappresentate le due distribuzioni normali delle valutazioni ottenute dal gruppo di controllo nella situazioni iniziale e in quella finale. Come era già deducibile dal confronto delle medie di valutazione, il gruppo di controllo ha subito un peggioramento del rendimento nelle valutazioni. Rispetto alla

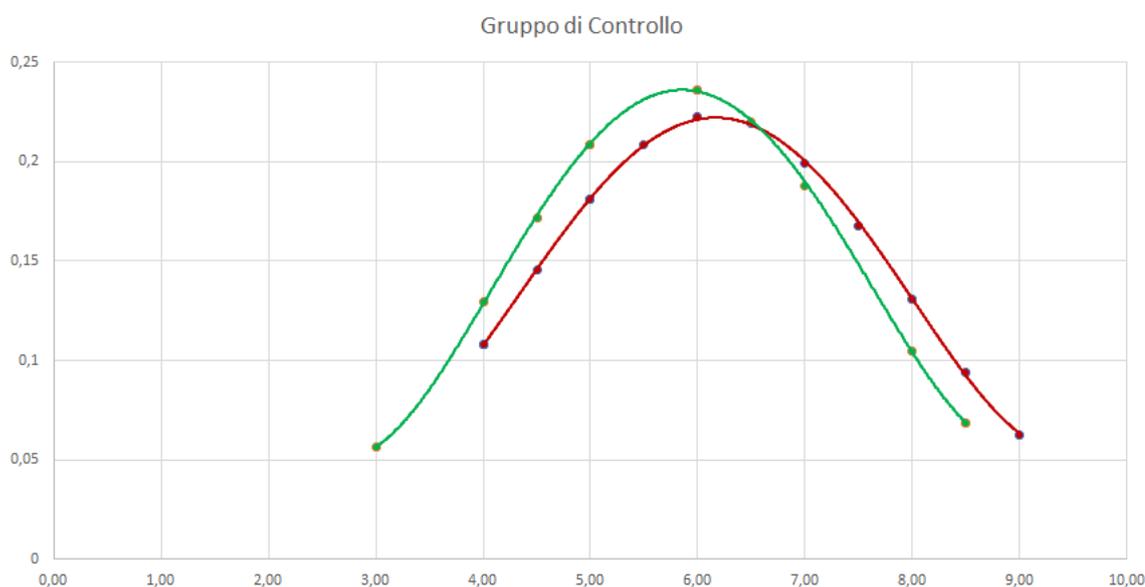


Figura 4.48: Grafico della distribuzione normale delle valutazioni ottenute dal gruppo di controllo nella situazione iniziale, indicate dal colore rosso, e nella situazione finale, indicate dal colore verde.

situazione iniziale le valutazioni risultano più spostate verso sinistra nel grafico, indice di una tendenza al peggioramento delle valutazioni rispetto alla situazione iniziale. In particolare si nota che le valutazioni negative risultano più spostate verso insufficienze gravi.

Nella figura 4.49 è rappresentata la distribuzione normale delle risposte degli studenti del gruppo di controllo date al questionario di gradimento, sia nella situazione iniziale sia in quella finale.

In questo caso le due distribuzioni normali delle risposte risultano più simili tra loro rispetto a quelle ottenute dal gruppo sperimentale. Le risposte hanno subito una tendenza al miglioramento rispetto alla situazione iniziale, anche se non in maniera così marcata come per il gruppo sperimentale. Sicuramente l'argomento nuovo che ha suscitato negli studenti maggiore interesse, come indicato dagli studenti dei due gruppi al termine della sperimentazione, ha contribuito a feedback migliori nella situazione finale.

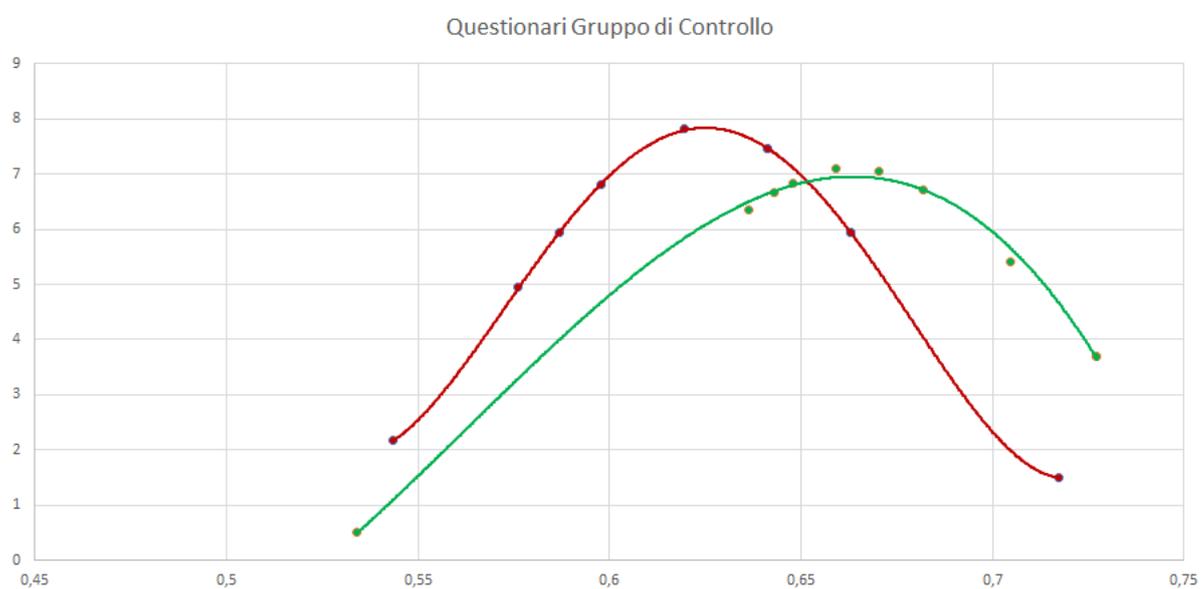


Figura 4.49: Grafico della distribuzione normale delle risposte ai questionari date dal gruppo di controllo alla situazione iniziale, indicate dal colore rosso, e nella situazione finale, indicate dal colore verde.

Conclusioni

Il lavoro sperimentale svolto ha evidenziato e confermato alcune ipotesi già illustrate e sperimentate nelle precedenti sperimentazioni basate sulla metodologia di productive failure[9, 10], fra cui:

- gli studenti si sono sentiti più partecipi ed attivi durante la lezione e lo svolgimento dei problemi;
- gli studenti hanno sviluppato uno spirito più critico ed analitico riguardo i problemi e gli argomenti proposti.

Il secondo punto non è direttamente deducibile dai dati raccolti durante la sperimentazione, ma la partecipazione e le risposte ai problemi da parte degli studenti del gruppo sperimentale sono risultate più approfondite e critiche rispetto a quelle del gruppo di controllo, sia durante le lezioni sia in occasione della verifica degli apprendimenti.

La sperimentazione condotta presenta degli aspetti critici da tenere in considerazione nell'eventualità in cui si volesse ripetere una sperimentazione simile. I dati raccolti con i questionari di gradimento[A.1] risultano difficili da confrontare soprattutto alla fine dell'unità didattica, dove le risposte date dal gruppo sperimentale evidenziano un feedback più positivo rispetto a quelle del gruppo di controllo, miglioramento difficile da giustificare solamente in virtù della metodologia didattica basata su productive failure. Il fatto che le attività del gruppo sperimentale non siano state condotte dall'insegnante titolare della materia, ha rappresentato una discontinuità e un elemento di novità, che ha inciso in maniera positiva sull'interesse e la motivazione degli studenti. Questi elementi di fragilità della sperimentazione erano già prevedibili per la tipologia di pianificazione scelta[2.1.5]; è infatti noto che il piano a due gruppi non risolve le criticità dovute all'effetto storia e alle eventuali differenze fra gli insegnanti che svolgono le attività.

Per ottenere dati più attendibili sarebbe più opportuno far condurre le attività con i due diversi gruppi allo stesso insegnante. D'altra parte questa scelta risulterebbe più onerosa da condurre e comporterebbe altri fattori di rischio fra cui:

- un carico di lavoro quasi doppio da parte dell'insegnante, che dovrebbe strutturare l'unità didattica secondo due metodologie didattiche differenti;
- la quasi impossibilità di evitare una contaminazione delle metodologie sui due gruppi.

Altro fattore da tenere in considerazione nell'analisi dei dati è l'ordine di svolgimento degli argomenti nell'unità didattica sugli algoritmi di ordinamento e ricerca, che non è stato lo stesso nei due gruppi. Questo fattore potrebbe avere inciso sui dati raccolti, anche se la metodologia del productive failure non affronta il tema dell'ordine di presentazione di argomenti ed esempi.

In conclusione, in riferimento alle ipotesi formulate[2.1.4], si può dire che la metodologia sperimentata abbia effettivamente supportato gli studenti ad ottenere dei risultati migliori, seppur in misura non eclatante, sia nel confronto fra le due situazioni prese in esame, sia nel confronto fra i due gruppi. Bisogna tenere in considerazione che questi dati sono stati raccolti durante un periodo molto particolare e senza precedenti, caratterizzato dallo svolgimento di lezioni a distanza a causa della pandemia "COVID-19". Questo rende ancora più complicato analizzare la sperimentazione condotta, dato la mancanza di scenari didattici direttamente confrontabili.

Per quanto riguarda invece l'ipotesi formulata secondo cui la metodologia didattica del productive failure dovrebbe creare maggiore interesse ed attenzione da parte degli studenti, anche questa ipotesi può essere considerata parzialmente verificata. I feedback ottenuti attraverso i questionari di gradimento[A.1] risultano decisamente migliori al termine dell'unità didattica rilevata sul gruppo sperimentale rispetto al gruppo di controllo. Ma come già detto in precedenza è bene trattare e valutare questi dati tenendo conto dei fattori critici già indicati in queste conclusioni, fattori che sarebbe opportuno e possibile cercare di attenuare in eventuali sperimentazioni future.

Al di là dei risultati della sperimentazione, l'unità didattica progettata secondo i principi del productive failure è risultata efficace ed è riutilizzabile per affrontare gli

algoritmi di ricerca ed ordinamento durante il terzo anno di liceo scientifico nell'indirizzo delle scienze applicate.

Appendice A

Prima Appendice

A.1 Questionario di gradimento

Il questionario proposto durante la sperimentazione era composto da 10 frasi a cui ogni studente doveva indicare se con ciascuna di esse era:

- Completamente d'accordo
- D'accordo
- In disaccordo
- Completamente in disaccordo

Le frasi da cui era composto il questionario di gradimento erano le seguenti, proposte nell'ordine indicato:

1. Gli argomenti sono stati esposti in maniera chiara dall'insegnante
2. I quesiti delle prove, orali e scritte, proposte dall'insegnante risultano essere chiari e coerenti con quanto spiegato
3. I metodi didattici (lezione frontale, lavori di gruppo, video, ecc.) adottati dall'insegnante favoriscono l'apprendimento degli studenti

4. L'insegnante, grazie al suo metodo didattico, favorisce lo sviluppo delle capacità critiche degli studenti
5. Indipendentemente dal tuo rapporto con la materia e dai risultati ottenuti, l'insegnante ha saputo stimolare il tuo interesse
6. L'insegnante, grazie al suo metodo didattico, riesce a coinvolgere gli studenti durante le lezioni
7. Il metodo di spiegazione utilizzato ha favorito la creazione di un clima sereno e costruttivo all'interno della classe
8. Il metodo di spiegazione utilizzato mi ha portato a chiedere molti chiarimenti all'insegnante
9. L'argomento affrontato e le metodologie di spiegazione utilizzate hanno suscitato in te interesse e curiosità
10. La metodologia utilizzata dall'insegnante ha migliorato il mio modo di affrontare e percepire la materia

A.2 Esempi di esercizi di verifica degli apprendimenti

1. Il seguente codice rappresenta uno degli algoritmi visti a lezione? Se sì, indicare quale. Dare dei nomi più significativi alle seguenti variabili: *a*, *b* e *c*.

```
1 void funzione1(int a[], int b)
2 {
3     int j, c, i;
4     for(j=1; j<b; j++)
5     {
6         c = a[j];
7         i = j - 1;
8         while(i>=0 && a[i]>c)
9         {
10            a[i+1]=a[i];
11            i--;
12        }
13        a[i+1] = c;
14    }
15 }
```

2. Il seguente codice rappresenta una implementazione sbagliata dell'algoritmo di Bubble Sort, individua e correggi gli errori. Indica dei nomi più appropriati per i parametri e le variabili utilizzate.

```
1 void funzione2(int vettore[], int dim)
2 {
3     int i, j, tmp;
4     for(i=0; i<dim; i--)
5     {
6         for(j=0; j<dim-1-i; j++)
7         {
8             if(vettore[j]>vettore[j-1])
9             {
10                tmp = vettore[j];
11                vettore[j+1] = vettore[j];
12                vettore[j] = tmp;
13            }
14        }
15    }
16 }
```

3. Indicare quale dei seguenti algoritmi sfrutta lo shift (slittamento) per il suo funzionamento:
- Bubble Sort
 - Insertion Sort
 - Ricerca dicotomica
 - Nessuna delle precedenti

4. Considera un mazzo formato da 12 carte ordinato, utilizzando l'algoritmo di ricerca dicotomica quante carte dovrò scoprire al massimo per trovare una determinata carta?
- 3 o 4 carte
 - 5 o 6 carte
 - 12 carte
 - Nessuna delle precedenti

Appendice B

Seconda Appendice

B.1 Licenza

Quest'opera è distribuita con licenza Creative Commons “Attribuzione – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale”.



Bibliografia

- [1] Atkinson, Richard C., and Richard M. Shiffrin, *The Control of Short-Term Memory*, Scientific American, vol. 225, no. 2, pp. 82–91, 1971
- [2] Baker L., Ng S., and Friesen F., *Paradigms of Education. An Online Supplement*, 2019, <https://www.paradigmsofeducation.com/>
- [3] Bruner, J. S., Ross, G., and Wood, D., *The Role of Tutoring in Problem Solving*, Journal of Child Psychology and Psychiatry, 17(2), 89–100, 1976
- [4] Calvani A., *Elementi di didattica Problemi e strategie*, Carocci Editore, 2002
- [5] Consorzio interuniversitario nazionale per l'informatica, *Proposta di Indicazioni Nazionali per l'insegnamento dell'Informatica nella Scuola*, December 2017
- [6] Coggi C., Ricchiardi P., *Progettare la ricerca empirica in educazione*, Carocci Editore, 2005
- [7] Falkner K., and Sheard J., *Pedagogic Approaches*, In *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*, Sally A. Fincher and Anthony V. Robins (Eds.), Cambridge University Press, 445–480, 2019
- [8] Fincher S. A., and Robins A. V., *The Cambridge Handbook of Computing Education Research*, Cambridge University Press, 2019
- [9] Kapur M., *Productive Failure*, Cognition and Instruction, 26:3, 379-424, 2008
- [10] Kapur, M., and Bielaczyc, K., *Designing for productive failure*, Journal of the Learning Sciences, 21(1), 45–83, 2012

-
- [11] Leonard D. C., *Learning Theories: A to Z*, Greenwood - ABC-CLIO, 2002
- [12] Litts, B. K., Kafai, Y. B., Searle, K. A., and Dieckmeyer, E., *Perceptions of Productive Failure in Design Projects: High School Students' Challenges in Making Electronic Textiles*, University of Pennsylvania, 2016
- [13] Lodi M., *Introducing Computational Thinking in K-12 Education: Historical, Epistemological, Pedagogical, Cognitive, and Affective Aspects*, Ph.D. Dissertation, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, 2020
- [14] Lui, D., Anderson, E., Kafai, Y. B., and Jayathirtha, G., *Learning by Fixing and Designing Problems: A Reconstruction Kit for Debugging E-Textiles*, In Proceedings of FabLearn17 2017, October 21-22
- [15] Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca, *Indicazioni nazionali riguardanti gli obiettivi specifici di apprendimento concernenti le attività e gli insegnamenti compresi nei piani degli studi previsti per i percorsi liceali*, 2010, October 2010
- [16] Papert, S., and Harel, I., *Constructionism Research Reports and Essays*, Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, 1991.
- [17] Papert, S., *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*, Basic Books, New York, NY, USA, 1993
- [18] Piaget, J., *To Understand is to Invent: The Future of Education*, Penguin Books, 1976
- [19] Resnick M., *Lifelong Kindergarten: Cultivating Creativity Through Projects, Passion, Peers, and Play*, MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2017
- [20] Sorva J., *Visual program simulation in introductory programming education*, Ph.D. Dissertation, Aalto University, 2012
- [21] VanLehn, K., *Rule learning events in the acquisition of a complex skill: An evaluation of cascade*, The Journal of the Learning Sciences, 8(1), 71–125, 1999

-
- [22] VanLehn, K., Siler, S., Murray, C., Yamauchi, T., and Baggett, W. B., *Why do only some events cause learning during human tutoring?* *Cognition and Instruction*, 21(3), 209–249, 2003
- [23] Vygotsky L., *Mind in Society*, Harvard University Press, London, 1978

Ringraziamenti

Ringrazio il prof. Renzo Davoli, il prof. Michael Lodi e il dott. Marco Sbaraglia per essere sempre stati disponibili e di aiuto in questo progetto di tesi riguardante la didattica dell'informatica.

Ringrazio i miei genitori, mia sorella e tutti i miei parenti che mi hanno sostenuto durante tutto il mio percorso di vita fino a qui.

Ringrazio il mio grande amico Guglielmo Ventura che da subito mi ha aiutato nel reperire materiale fondamentale per la scrittura della tesi.

Ringrazio i miei compagni di corso Luca, Andrea, Marco, Cristian e Lorenzo che sono stati grandi compagni di studio e di progetti di esame in questi due anni.

Ringrazio i miei amici per essere sempre stati presenti e disponibili in tutti questi anni, per avermi sopportato e supportato in ogni occasione, purtroppo per nominarvi tutti servirebbe un'altra tesi.

Ringrazio tutti i miei colleghi e amici della polisportiva Masi di Casalecchio e di Opificio Golinelli, parte fondamentale del mio percorso di formazione professionale.

Ringrazio i professori del liceo scientifico Malpighi di Bologna, in particolare i professori di informatica Marco, Giovanni e Davide, grazie per questo bellissimo anno ed esperienza insieme.

Ringrazio tutti gli studenti del liceo Malpighi di Bologna, in particolare tutti gli studenti dell'indirizzo di scienze applicate, che hanno ascoltato e partecipato con entusiasmo ed interesse alle mie lezioni.

Grazie di cuore a tutti,

Alessandro