

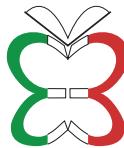
# DIDATTICA MULTISENSORIALE

## CORPO, MENTE E TECNOLOGIA NEGLI AMBIENTI DI APPRENDIMENTO

a cura di Francesco Peluso Cassese



EDIZIONI  
UNIVERSITARIE  
ROMANE



## Articolo Trentatré

*Collana multidisciplinare di Arti e Scienze*

a cura di *Francesco Peluso Cassese*

**42**

## DIDATTICA MULTISENSORIALE

*Corpo, Mente e Tecnologia negli ambienti di apprendimento*

La collana **Articolo 33** è un prodotto editoriale legato alla rivista "Giornale Italiano di Educazione alla Salute, Sport e Didattica Inclusiva / Italian Journal of Health Education, Sports and Inclusive Didactics" - ISSN 2532-3296 e ne condivide il **comitato scientifico**: *Beatrice Aurelia Abalasei* (Alexandra Ioan Cuza University - Romania), *Paola Aiello* (University of Salerno - Italy), *Maurizio Ali* (University of Antilles - FR), *Antonio Ascione* (University of Bari "Aldo Moro" - Italy), *Antonio Borgogni* (University of Bergamo - Italy), *Mark Breslin* (University of Glasgow- UK), *Javier Brazo-Sayavera* (University of the Republic of Uruguay), *Patrizia Belfiore* (University of Naples "Parthenope" - Italy), *Nadia Carlonagno* (University Suor Orsola Benincasa Naples Italy), *Onofrio Antonio Catalano* (University of Harvard-USA), *Andrea Ceciliani* (Alma Mater Studiorum University of Bologna - Italy), *Dario Colella* (University of Salento - Italy), *Antonia Cunti* (University of Naples "Parthenope" - Italy), *Paola Damiani* (University of Modena Reggio Emilia - Italy), *Henriette Danes* (University of Eotvos - Hungary), *Delio De Martino* (Foggia University - Italy) *Davide Di Palma* (Vanvitelli University - Italy), *Alfredo Pio Di Tore* (Cassino University - Italy), *Stefano Di Tore* (Salerno University), *Monica Dragoicea* (University Politehnica of Bucharest- Romania), *Ario Federici* (University of Urbino "Carlo Bo" - Italy), *Francesco Fischetti* (University of Bari "Aldo Moro" - Italy), *Michela Galdieri* (University of Salerno - Italy), *Catia Giacconi* (University of Macerata - Italy) *Giancarlo Gola* (Supsi - Switzerland), *Filippo Gomez Paloma* (University of Macerata - Italy), *Emilia Florina Grosu* (Bolyai University - Romania), *Luca Impara* (Unicusano University - Italy), *Pierpaolo Limone* (Pegaso University - Italy), *Anna Maria Mariani* (University of Macerata - Italy; Niccolò Cusano University - Italy), *Bela Molnar* (University of Eotvos - Hungary), *Ștefania Morsanuto* (Pegaso University - Italy), *Giuseppe Madonna* (University of Naples "Parthenope" - Italy) *Agnes Nemeth-Toth* (University of Budapest - Hungary), *Goran Oreb* (University of Zagreb - Croatia), *Elvira Padua* (San Raffaele Rome University - Italy), *Valentina Perciavalle* (University of Catania - Italy), *Luigi Piceci* (Unicusano University - Italy), *Luna Lembo* (Unicusano University - Italy) *Eliisa Pitkasalo* (University of Tampere - Finland), *Alessandra Priore* (University of Reggio Calabria - Italy), *Gaetano Raiola* (Pegaso University), *Pier Cesare Rivoltella* (Cattolica University - Milan - Italy), *Gabriella Rodolico* (University of Glasgow UK), *Maurizio Sibilio* (University of Salerno - Italy), *Antonio Donato Sciacovelli* (University of Turku - Finland), *Domenico Tafuri* (University of Naples "Parthenope" - Italy), *Michele Domenico Todino* (University of Salerno - Italy), *Mirela Vasilescu* (University of Craiova - Romania).

La Collana *Articolo Trentatré* vuole essere un punto di incontro tra la comunità scientifica nazionale e internazionale e la massa della popolazione in cerca di sapere.

“L’arte e la scienza sono libere e libero ne è l’insegnamento” questo dice la Costituzione Italiana e su queste basi si è pensato di creare uno strumento di trasmissione del sapere dal docente verso i discenti, il tutto in una forma di espressione libera delle proprie conoscenze lasciando al Comitato Scientifico l’analisi in peer review dell’onestà intellettuale e dell’elemento innovatore della produzione.

La continua ricerca di elementi progressisti e cioè di moderni contributi alla corretta comprensione di fenomeni psico-sociali, economico-giuridici o tecnico-scientifici vuole essere un principio cardine della selezione delle pubblicazioni edite sotto questa collana per poter apparire come uno strumento di spinta alla diffusione delle proprie libere idee.

Si vuole, così, in questo spazio valorizzare il diritto individuale alla ricerca della verità, o meglio alla ricerca delle informazioni necessarie a raggiungere la verità: cioè quell’aspetto della libertà d’informazione, che si risolve nella autodeterminazione di informarsi e nel diritto di ricercare le notizie, senza esserne illegittimamente impedito, questo trova, proprio, nel primo comma dell’art. 33 il suo dogma.

L’esperienza ci insegna che la trasversalità dei saperi rappresenta il futuro e questo spazio editoriale vuole rappresentare tutti i settori delle arti e delle scienze e speriamo presto di poter coprire il più ampio numero di tematiche possibile nel rispetto dei principi sopra esposti.

*A. A. V. V.*

# **DIDATTICA MULTISENSORIALE**

*Corpo, Mente e Tecnologia negli ambienti di apprendimento*



*Riproduzione vietata ai sensi di legge (legge 22 Aprile 1941, n. 633 e successive modificazioni; legge 22 Maggio 1993, n. 159 e successive modificazioni) e a norma delle convenzioni internazionali.*

*Senza regolare autorizzazione scritta dell'Editore è vietato riprodurre questo volume, anche parzialmente, con qualsiasi mezzo, compresa la fotocopia, sia per uso interno o personale, che didattico.*

**ISBN 978-88-6022-527-6**

**© Copyright 2025 by Gaia s.r.l.**

***Edizioni Universitarie Romane*** – Via Michelangelo Poggioli, 2 -00161 Roma  
tel. 06.49.15.03 / 06.49.40.658 -fax 06.44.53.438 -www. eurom.it - eur@eurom.it

Pubblicato nel dicembre 2025 dalla Gaia srl.

## Sommario

Introduzione .....	9
Parte I.....	13
Neurodidattica e didattica multisensoriale .....	13
L'apprendimento nelle neuroscienze educative .....	15
Apprendimento ed emozioni.....	28
Bibliografia .....	33
Neurodidattica: dalle neuroscienze alla pratica educativa .....	37
Dalle neuroscienze cognitive alla Neurodidattica.....	39
Neurodidattica, Neuroeducazione e Neuropedagogia: un approccio transdisciplinare .....	43
Neurodidattica, stili e strategie di apprendimento.....	46
Neurodidattica e pratiche educative:	
verso una didattica consapevole.....	51
Bibliografia.....	55
Multisensorialità e Cognizione nelle Neuroscienze Educative:	
Teorie e Applicazioni .....	59
Integrazione multisensoriale dei sistemi cognitivi .....	62
Comprensione del cervello multisensoriale e applicazioni nel campo educativo .....	63
Dinamiche Neurali e Deficit di Processamento nel DSA.....	69
Bibliografia.....	73
Fondamenti neurobiologici del pensiero creativo e implicazioni	

didattiche .....	77
Inquadramento concettuale del pensiero creativo.....	77
Funzioni esecutive, attenzione e controllo cognitivo nel pensiero creativo .	
82	
Emozioni, motivazione e sistemi neurochimici.....	86
Corpo, percezione ed embodied creativity.....	88
Implicazioni didattiche dei modelli neurobiologici della creatività .....	90
Bibliografia.....	92
Parte II.....	99
Corpo, mente e tecnologia in relazione.....	99
Il corpo nell'era digitale.....	101
Introduzione .....	101
Dalla disincarnazione all'embodiment: una genealogia del pensiero	
educativo .....	102
Le tecnologie immersive come riconfigurazione della corporeità educativa	
104	
Multisensorietà, percezione corporea e ambienti virtuali di	
apprendimento.....	107
Prospettive per una corporeità educativa consapevole nell'era digitale	110
Bibliografia.....	114
Tecnologia come estensione cognitiva .....	121
Bibliografia.....	141
L'ecosistema Corpo–Mente–Tecnologia .....	145
Bibliografia.....	164
Ansia e Stress negli Ambienti di Apprendimento: Il Ruolo delle	
Misure Biometriche.....	167
La valutazione di situazioni ansiogene nel contesto educativo.....	169
L'introduzione degli indicatori biometrici .....	172
L'introduzione degli indicatori biometrici per indagare i disturbi d'ansia	
come bisogni educativi speciali.....	177
La figura del docente di fronte alle nuove tecnologie sulla gestione	
dell'ansia.....	179

Bibliografia.....	182
Parte III .....	185
Oltre l'Aula: orizzonti per una nuova educazione .....	185
Ripensare l'apprendimento alla luce della complessità sensoriale .....	187
La complessità sensoriale come paradigma interpretativo .....	189
La qualità dell'ambiente come parte integrante del curricolo .....	192
La regolazione come prerequisito della prestazione .....	194
La pluralità dei canali come risorsa didattica.....	196
Apprendimento incarnato e dimensione corporea .....	200
Il modello Embodied ECS.....	203
Principi metodologici di riferimento .....	204
Dimensione inclusiva e personalizzazione .....	205
Osservazione e valutazione.....	206
Sintesi metodologica.....	206
Struttura delle attività didattiche.....	207
Emozioni, sensi e processi cognitivi .....	207
Emozioni, sensorialità e regolazione emotiva nei contesti inclusivi.....	210
Dalla teoria alla pratica: strategie operative di regolazione emotiva in classe.....	212
Neurodiversità, differenze sensoriali e inclusione educativa.....	214
Spazi di apprendimento e ambienti sensoriali.....	216
Implicazioni pedagogiche e didattiche.....	219
Conclusioni .....	222
Bibliografia.....	224
Didattica multisensoriale e inclusione educativa: una prospettiva sistematica .....	229
Introduzione .....	229
Multisensorialità come principio organizzatore del sistema didattico ..	231
Dalla logica compensativa alla prevenzione delle barriere: il valore inclusivo della multisensorialità .....	234
Multisensorialità e valutazione: ripensare cosa significa "dimostrare competenza" .....	236

Multisensorialità e professionalità del docente .....	238
Dal piano al contesto: PEI e PDP sensoriali come leve di empowerment docente .....	242
Implicazioni etiche e di equità educativa.....	243
Bibliografia.....	248
Progettare ambienti di apprendimento multisensoriali .....	251
Introduzione .....	251
Ambiente di apprendimento come sistema multisensoriale .....	253
Principi guida per la progettazione di ambienti multisensoriali .....	257
Dimensioni percettive e organizzative dell'ambiente multisensoriale....	263
Modelli applicativi di progettazione.....	269
Bibliografia.....	276
Il profilo del docente nella complessità multisensoriale.....	283
Introduzione .....	283
La complessità sensoriale come nuova condizione della professionalità docente .....	285
La competenza riflessiva come asse trasversale .....	288
Progettare esperienze di apprendimento multimodali ed embodied .....	290
Progettare per la diversità .....	292
Organizzare ambienti di apprendimento flessibili e sensorialmente sostenibili.....	293
Competenze digitali e alfabetizzazione all'intelligenza artificiale come dimensione trasversale .....	295
Il docente come regolatore della complessità sensoriale .....	296
Valutazione e complessità multisensoriale .....	298
Sfide e opportunità nella formazione del docente nella complessità multisensoriale.....	300
Conclusioni .....	302
Bibliografia.....	304

**FRANCESCO PELUSO CASSESE**

## Introduzione

Negli ultimi anni, il concetto di didattica multisensoriale ha conosciuto una crescente diffusione nel lessico educativo, spesso associato a pratiche operative, strategie inclusive o metodologie attive. Questa espansione semantica non sempre è stata accompagnata da un corrispondente approfondimento teorico ed epistemologico. Il rischio evidente è che la multisensorialità venga ridotta a un insieme di pratiche didattiche accessorie, concepite come semplice arricchimento della lezione tradizionale, perdendo così la sua capacità di incidere in modo strutturale sulle concezioni di apprendimento, di insegnamento e sulla progettazione stessa degli ambienti educativi.

Il presente volume si propone di esplorare la complessità della multisensorialità, analizzandone i fondamenti e le implicazioni attraverso un dialogo interdisciplinare tra neuroscienze cognitive, psicologia dell'apprendimento, pedagogia e studi sull'embodiment e sulle tecnologie educative, al fine di costruire una prospettiva integrata in grado di sostenere il cambiamento nei contesti educativi e supportare la progettazione di pratiche e ambienti di apprendimento in chiave trasformativa.

L'assunto di base che attraversa opera evidenzia che la multisensorialità non è un'opzione metodologica, ma una proprietà strutturale dei processi di apprendimento umano. Apprendere non significa semplicemente elaborare informazioni, ma attivare sistemi cognitivi, corporei, emotivi e relazionali in una dinamica integrata e situata.

Le evidenze provenienti dalle neuroscienze educative convergono nel mostrare che l'apprendimento è sostenuto da reti neurali distribuite, nelle quali percezione, azione, emozione e cognizione operano in modo dinamico e interdipendente. Assunta su basi scientifiche rigorose, la didattica multisensoriale non si configura come un insieme di tecniche, ma come una risposta sistemica a tale architettura del funzionamento cognitivo, proponendo una concezione dell'apprendimento come esperienza incarnata, regolata e profondamente mediata dall'ambiente.

Il libro si propone di delineare una prospettiva ecologica e regolativa, in cui la qualità dell'esperienza sensoriale diventa una variabile chiave per sostenere attenzione, memoria di lavoro, autoregolazione emotiva e partecipazione attiva. In questa prospettiva, non è la quantità di stimoli a fare la differenza, ma la loro coerenza, intenzionalità e integrazione all'interno di un progetto didattico consapevole. A questo si aggiunge l'attenzione alla relazione dinamica tra corpo, mente e tecnologia. Le tecnologie educative, quando progettate in modo intenzionale, possono funzionare come estensioni cognitive e sensoriali, capaci di amplificare l'esperienza incarnata anziché impoverirla. In questo senso, il paradigma multisensoriale offre una chiave interpretativa potente per ripensare l'educazione nell'era digitale. La prospettiva inclusiva rappresenta una chiave interpretativa trasversale all'intero

volume e ne informa l’impianto teorico e applicativo. Essa non si fonda su logiche compensative, ma su una concezione di progettazione universale, in cui la multisensorialità opera come dispositivo preventivo, in grado di ridurre la produzione di barriere all’apprendimento. Le differenze nei profili sensoriali, attentivi e regolativi, particolarmente rilevanti nei contesti di neurodiversità, vengono così assunte non come anomalie, ma come indicatori progettuali per la costruzione di ambienti educativi più flessibili e responsivi. All’interno di questa prospettiva, il ruolo del docente si trasforma, assumendo la funzione di progettista e regolatore di esperienze di apprendimento, responsabile della configurazione sensoriale, spaziale e temporale dei contesti educativi. Governare tale complessità richiede competenze professionali avanzate, fondate sulla riflessività, sulla lettura sistematica dei contesti e sulla conoscenza dei modelli teorici che connettono processi neurocognitivi, dinamiche corporee e pratiche didattiche. Ed è proprio a partire da questa ridefinizione del ruolo docente che diventa necessario interrogare la natura stessa degli ambienti di apprendimento. La multisensorialità ci invita a una trasformazione profonda del modo in cui gli spazi educativi vengono pensati, progettati e abitati. L’aula non è uno spazio neutro o meramente contenitivo, ma un sistema complesso di stimoli, vincoli e possibilità che orientano, facilitano o ostacolano i processi cognitivi, emotivi e relazionali. In questa prospettiva, l’ambiente educativo diventa un agente attivo dell’apprendimento, capace di mediare l’esperienza attraverso configurazioni sensoriali, spaziali e simboliche intenzionalmente progettate. Ambienti così concepiti non solo favoriscono l’inclusione e la partecipazione attiva, ma contribuiscono a ridefinire il significato stesso di esperienza educativa, ponendo

il corpo, la relazione e il contesto al centro del progetto formativo. Il volume si articola in tre parti che riflettono questa visione integrata. La prima sezione offre i fondamenti neuroscientifici dell'apprendimento, della multisensorialità e del pensiero creativo. La seconda esplora la relazione tra corpo, mente e tecnologia, mettendo in luce come la cognizione incarnata trovi nuove forme di espressione negli ambienti digitali contemporanei. La terza apre, infine, lo sguardo oltre l'aula, interrogando le implicazioni sistemiche della didattica multisensoriale per l'inclusione, la progettazione degli ambienti di apprendimento e la formazione del docente. Nel suo insieme, quest'opera si propone come un dispositivo teorico-applicativo capace di orientare ricerca, formazione e pratica educativa. Assumere la multisensorialità come paradigma significa, in ultima analisi, accettare una sfida scientifica ed etica: riconoscere che la qualità dell'educazione dipende dalla capacità di progettare ambienti in cui corpo, mente e tecnologia cooperino in modo armonico, restituendo all'apprendimento la sua natura profondamente umana, complessa e incarnata.

## **Parte I**

### **Neurodidattica e didattica multisensoriale**



**DAVIDE PERROTTA**

## L'apprendimento nelle neuroscienze educative

Lo studio delle funzioni di apprendimento apre, nelle neuroscienze cognitive, un campo vasto e interdisciplinare. Se applichiamo quanto questi studi mettono in luce, in un contesto educativo la dimensione di maggiore interesse è chiaramente quella psicologica, dal momento che, fin dagli esordi della psicologia, l'apprendimento è stato parte integrante delle analisi e delle ricerche scientifiche.

Alla base dell'interesse sistematico per il ruolo dell'apprendimento troviamo sicuramente la nota nozione di plasticità sinaptica o neurale. Questo concetto proviene fondamentalmente dagli studi di neurobiologia, ma introduce dei risvolti psicologici facilmente comprensibili, anche senza la necessità di comprendere a fondo le dinamiche molecolari e sinaptiche.

In parole più semplici possibili, tra i protagonisti fondamentali della plasticità sinaptica troviamo sicuramente il glutammato, un neuromodulatore eccitatorio, tra i più diffusi nel sistema nervoso centrale (An et al., 2021; Root et al., 2016).

Il funzionamento del glutammato non è, tuttavia, un processo semplice da comprendere e spiegare. Spesso si parla in maniera metaforica di un “linguaggio chimico”, proprio per rendere conto di questa

complessità da una prospettiva maggiormente divulgativa. In verità, però, i meccanismi neurobiologici sono molto più complessi delle sole reazioni chimiche coinvolte. Infatti, sappiamo che il funzionamento sinaptico, ossia i meccanismi che regolano la connessione tra neuroni, è a sua volta un nesso fondamentale per definire la frequenza delle scariche neurali e altri parametri su cui non è necessario soffermarci.

Sebbene la plasticità sinaptica possa includere anche la neurogenesi, ossia lo sviluppo di nuovi neuroni, quando si parla di plasticità sinaptica, soprattutto in riferimento all'apprendimento, nella maggior parte dei casi si fa proprio riferimento alla modulazione delle connessioni sinaptiche (Citri and Malenka, 2008; Magee and Grienberger, 2020). In parole più semplici, prendiamo come esempio la corteccia prefrontale, la quale è una delle strutture anatomiche del sistema nervoso centrale più note quando si discutono le funzioni di apprendimento, oltre a molte altre. Lo svolgimento di un compito reiterato nel tempo, che coinvolge in modo massiccio questa struttura anatomica, condurrà alla modifica delle connessioni sinaptiche in questa regione cerebrale. Di conseguenza, dopo il periodo di apprendimento, l'attivazione della corteccia prefrontale sarà maggiormente efficace nello svolgere il compito sul quale ci si è addestrati (Puig et al., 2014; Miller, J. A., & Constantinidis, 2024).

La conoscenza dei moltissimi meccanismi neurobiologici non è necessaria per entrare nelle analisi cognitive, soprattutto se intendiamo riferirci ad esse per discuterne l'applicabilità nel campo educativo. Un breve accenno, però, ci aiuterà a capire quanto siano sofisticate le funzioni di apprendimento nel cervello umano.

Per quanto riguarda il campo che ad oggi definiamo neuroscienze cognitive, ossia quello che potremmo definire come una fusione tra le neuroscienze e la psicologia cognitiva, la tematica dell'apprendimento risale fin dalle origini della psicologia cosiddetta scientifica, ossia dai tempi del comportamentismo, agli inizi del Novecento. In questa sede non è importante entrare nei dettagli storici, ma qualche menzione a questa tradizione rimane rilevante, in quanto molti dei principi del comportamentismo sono rilevanti anche nel dibattito contemporaneo, sebbene non siano esenti da innovazioni molto raffinate. I due concetti sicuramente più noti, a questo proposito, sono il condizionamento classico e il condizionamento operante. Nel primo caso, richiamiamo il classico schema di stimolo-risposta, basti ricordare il famoso cane di Pavlov che viene quasi sempre raccontato nei manuali di psicologia generale e cognitiva. Per quanto questo meccanismo psicologico rimanga ad oggi poco esaustivo nel poterci spiegare l'apprendimento, molti dei suoi principi rimangono comunque attuali. L'associazione di uno stimolo sensoriale (ad esempio un odore) a una risposta fisiologica o motoria è un meccanismo presente in molti processi psicologici. Tuttavia, se intendiamo entrare maggiormente nei meccanismi più importanti, dobbiamo rivolgerci a un livello maggiormente complesso, il quale si trova sicuramente nella nozione di condizionamento operante.

Introducendo questo termine, possiamo subito far notare che esso è un meccanismo psicologico ancora ampiamente utilizzato nell'addestramento degli animali. Il condizionamento operante introduce una dimensione dell'apprendimento già molto più complessa rispetto alla precedente. In questo caso, l'associazione che prima consideravamo tra stimolo e risposte, avviene ora tra un "comportamento" vero e pro-

prio e uno stimolo. Molto tipiche a questo proposito, per capire di cosa stiamo parlando in maniera intuitiva, sono le tecniche di addestramento degli animali, le quali sono, infatti, state largamente studiate ai tempi del comportamentismo. In parole semplici, ciascun animale, ma anche l'essere umano in maniera più o meno inconscia, attiva degli schemi comportamentali in determinati momenti. Quando un animale domestico compie una determinata azione, come ad esempio salire sul divano o sul letto, gli si può presentare uno stimolo sensoriale negativo (come uno sgrido o uno spruzzino d'acqua, come tipico nell'addestramento), con la finalità di far associare lo stimolo negativo a quel determinato comportamento. In questo modo, se il nostro interesse è quello di disincentivare l'animale da quel comportamento, ogniqualvolta l'animale compirà questa azione, il suo cervello anticiperà il sopraggiungere dello stimolo negativo. In questo modo, eviterà quel comportamento se non intende ricevere quella stimolazione fastidiosa.

Queste tecniche, per quanto apparentemente semplici, rimangono una pietra miliare nell'addestramento. Ciò che nel corso degli anni è stato scoperto sono maggiori dettagli dal versante neurofisiologico e neurobiologico.

Un piccolo accenno può essere fatto anche in riferimento all'esperienza infantile. Sebbene parliamo di un livello già molto più complesso rispetto al solo condizionamento operante, non è, però, così difficile evincere che tali processi sono ampiamente presenti nei bambini, anche se sostituiti gradualmente dalle funzioni di controllo cognitivo. In altre parole, il bambino, nei primi anni di vita, è largamente coinvolto in questi processi inconsci, che modulano profondamente le fasi progressive dello sviluppo.

Rispetto a questo schema classico, introdotto qui per finalità introduttive, la svolta principale nelle ricerche sull'apprendimento risale sicuramente alla cosiddetta “rivoluzione cognitiva”, ossia dagli anni '80 del Novecento circa in poi. La rivoluzione cognitiva non è di per sé un radicale cambiamento rispetto al comportamentismo, dal momento che, come appena accennato, molti aspetti, soprattutto metodologici, del comportamentismo sono stati largamente acquisiti. La grande differenza della rivoluzione cognitiva si scorge nel ricorso alle cosiddette “teorie cognitive”, le quali sono state sviluppate ponendo dei modelli passibili di verifica sperimentale. L'utilizzo dei modelli apre un vasto dibattito, che ora introduciamo gradualmente. Prima di entrare, però, nelle tematiche tipiche del cognitivismo, introduciamo gli ultimi dettagli sugli studi più tradizionali dell'apprendimento.

In questo nuovo paradigma, in cui le funzioni cognitive prendono il sopravvento nello studio della psiche umana e del cervello, emerge anche il cosiddetto “apprendimento per rinforzo”, il quale introduce un tema ancora attualissimo, ma che introduco in questa sezione per finalità di completezza.

L'apprendimento per rinforzo non introduce di per sé grandi novità rispetto al condizionamento classico e operante, ma si sviluppa in un vasto dibattito su molti meccanismi neurobiologici sottostanti all'apprendimento. Il grado di associazioni psicologiche studiate oggi è molto più complesso rispetto agli studi originari. Non a caso, è proprio all'interno di questo dibattito che sono emerse molte teorie sul ruolo dei neurotrasmettitori in relazione all'apprendimento. Molta enfasi è stata posta sulla dopamina, ad esempio, un noto neurotrasmetti-

tore che sembra avere un ruolo centrale proprio in questo meccanismo psicologico.

L'apprendimento per rinforzo richiama, inoltre, proprio quanto stavamo dicendo circa la plasticità neurale o sinaptica. Sono infatti state studiate in maniera estremamente dettagliata proprio le modifiche che avvengono a livello sinaptico quando tale processo viene coinvolto. Vista la centralità della dopamina, è proprio la distribuzione della dopamina all'interno delle sinapsi di determinati circuiti neurali a essere studiata. Particolare attenzione è stata posta sul ruolo dei gangli della base, i quali sono strutture neurali piuttosto ampie, estremamente rilevanti per lo svolgimento di moltissime funzioni, da quelle più elementari a quelle più complesse. In parole semplici, all'interno dei gangli della base sono presenti specifici centri dopaminergici, ossia dei nuclei neurali che rilasciano la dopamina, innescando l'apprendimento per rinforzo. Ovviamente nel cervello quando si parla di specifiche strutture neurali o aree anatomiche non si intende una forte localizzazione di un determinato processo. Tuttavia, possiamo senza dubbio ritenere i gangli della base come un'area specifica per questo processo; infatti, molti studi su campioni animali hanno dimostrato che un blocco dei recettori della dopamina in queste aree va a deteriorare proprio i processi di apprendimento di cui stiamo parlando.

Essendo l'apprendimento un fenomeno strettamente legato a processi neurobiologici, come anticipato, vedremo nelle prossime sezioni come sia, invece, il legame con altre funzioni cognitive a rendere questo processo fondamentale da esaminare per finalità didattiche e pedagogiche.

## Apprendimento e memoria

Una volta che ci addentriamo all'interno della rivoluzione cognitiva, quando si parla di apprendimento, la memoria, intesa ora come funzione cognitiva, acquisisce senza dubbio una centralità non indifferente. Anche lo studio della memoria vanta una storia molto dettagliata. In questa sede ci soffermiamo sui risvolti più importanti per l'analisi dell'apprendimento, tra cui sicuramente la nota distinzione tra memoria a breve termine e a lungo termine (Brem et al., 2013). Questa distinzione è stata oggi sostituita da molte tassonomie più sofisticate, sulle quali non è qui necessario soffermarci.

Il punto che riteniamo sicuramente importante, per finalità didattiche, consiste nel concentrarci sulla memoria di lavoro e sulle memorie a lungo termine (in particolare episodica e semantica) per comprendere come esse siano largamente coinvolte nell'apprendimento e, quindi, nella didattica.

In particolare sulla memoria di lavoro esiste una vastissima letteratura, e il suo legame con l'apprendimento è ancora sotto attenta indagine dal punto di vista neuroscientifico. La memoria di lavoro rientra tradizionalmente nel concetto di “funzioni esecutive”, ossia tutte quelle funzioni cognitive superiori che operano su cognizioni di basso livello. Nello specifico, la memoria di lavoro si occupa di mantenere in memoria le informazioni necessarie a svolgere un determinato compito, come regole, stimoli, e altre tipologie di input.

Da questo punto di vista, si può già comprendere che la memoria di lavoro svolge un ruolo fondamentale per l'apprendimento, in quanto la maggior parte dei modelli cognitivi discute di come la memoria di lavoro svolga il ruolo di selezione e gestione degli stimoli, i quali ven-

gono in seguito ulteriormente elaborati dal sistema di apprendimento per rinforzo.

La regione neurale più coinvolta nella memoria di lavoro è sicuramente la corteccia prefrontale. È importante specificare che ogniqualvolta in neuroscienze si discutono specifiche strutture neurali, non si parla di area deputata a una certa funzione in senso letterale, ma per convenienza. Ciò significa che quando vengono attivate determinati processi, molte aree neurali processano l'informazione parallelamente. Nonostante ciò, è possibile considerare alcune aree maggiormente coinvolte rispetto ad altre. Ad esempio, la maggior parte degli studi empirici, sia di neuroimmagine che elettrofisiologici, mostrano come la corteccia prefrontale sia ampiamente coinvolta nei compiti che richiedono l'attivazione della memoria di lavoro. Molti studi elettrofisiologici, ad esempio, mostrano che all'interno della corteccia prefrontale determinati neuroni rimangono attivi durante lo svolgimento del compito somministrato.

Questa prospettiva si proietta facilmente sulle tematiche dell'apprendimento; infatti, modelli recenti stanno discutendo come sia proprio la memoria di lavoro coinvolta nel mantenimento delle informazioni sullo stimolo di "rinforzo", mostrando una simbiosi rispetto ai modelli che, invece, considerano il sistema di apprendimento per rinforzo come autonomo. Questi modelli cognitivi non restano prettamente teorici, infatti ci offrono degli spunti importanti per poterli applicare nel campo educativo. In parole più semplici, la valutazione dei processi di memoria di lavoro, ad esempio attraverso didattiche innovative, potrebbe indirettamente incidere sulle capacità di apprendimento. Al contrario, un funzionamento

deficitario della memoria di lavoro, come ad esempio un sovraccarico di informazioni, potrebbe inficiare il corretto funzionamento del sistema di apprendimento.

Richiamando invece il concetto di memoria a lungo termine, identifichiamo sicuramente la memoria episodica e semantica come quelle maggiormente note e coinvolte nei processi di apprendimento, soprattutto se ce ne interessiamo sul piano didattico. Senza entrare nei dettagli di questa terminologia, la memoria è solitamente distinta in molti sottosistemi. Alcuni dei più noti e dibattuti sono sicuramente i sottosistemi della codifica (encoding) e del richiamo (retrieval). Queste funzioni sono strettamente legate all'apprendimento, in quanto nel primo caso parliamo di quanto e come l'apprendimento sia efficace nell'acquisizione di concetti e contenuti. Nel secondo caso, invece, non parliamo della codifica effettiva, ma della capacità soggettiva di richiamare quanto è già stato codificato.

Si capisce facilmente che in entrambi i casi ci troviamo di fronte a due funzioni mnestiche, entrambe fondamentali per le analisi dell'apprendimento nella sfera didattica. Ad esempio, uno studente potrebbe essere molto capace nella codifica di informazioni e contenuti, ma potrebbe allo stesso tempo non possedere le strategie sufficienti per riuscire a richiamare le informazioni codificate durante un compito in classe o un'interrogazione. Molti studi di neuroscienze cognitive, infatti, si sono occupati dell'analisi delle corrette strategie mnestiche per rendere non solo più efficace l'apprendimento, ma per non rischiare di alterare quanto correttamente è stato codificato. Ovviamente il richiamo è anche strettamente legato all'attivazione emotiva, e su questo punto torneremo in seguito.

A differenza della memoria di lavoro, le neuroscienze cognitive distinguono le aree neurali della memoria a lungo termine. Qualche spunto può essere introdotto per finalità divulgative sulle aree neurali comunemente coinvolte nei processi di interesse. È importante specificare che le neuroscienze ancora oggi si muovono su un modularismo metodologico; infatti, tutti gli studi che conduciamo sulle funzioni cognitive utilizzano determinati task cognitivi, finalizzati a misurare una specifica funzione cognitiva. Attraverso questa tecnica diviene possibile isolare una certa funzione o processo, e indagare le cosiddette aree di interesse (region of interest, ROI). Con questo punto non intendiamo affermare che le neuroscienze cognitive offrano una facile strada per capire quali aree siano effettivamente i substrati neurali di una certa funzione: infatti, il dibattito è sempre aperto e costantemente in crescita. Tuttavia, nel corso dei decenni, determinate strutture neurali hanno sicuramente acquisito maggiore importanza in certe funzioni rispetto ad altre.

Nel caso della memoria a lungo termine, la più nota struttura è sicuramente l'ippocampo, un'area interna al lobo temporale mediale. Per quanto si tratti di un piccolo nucleo neurale, collocato bilateralmente nei due emisferi cerebrali, esso sembra fortemente correlato con le funzioni di memoria a lungo termine, tenendo conto anche delle rispettive sottofunzioni a cui ho accennato. I dettagli neurofisiologici sono molto tecnici e non importanti in questa sede, ma è sufficiente affermare che quando si parla di memoria a lungo termine, come la memoria episodica e semantica, l'ippocampo ha sicuramente un ruolo funzionale centrale.

Quando si parla invece di memoria di lavoro, come accennato, entriamo nel dominio delle funzioni esecutive, di conseguenza non parliamo di memoria nel senso comune del termine. La memoria di lavoro, in quanto processo di gestione delle informazioni in entrata o già assimilate, è tradizionalmente collocata in aree più frontali, in particolare nella corteccia prefrontale.

Quando parliamo di funzioni cognitive superiori, la corteccia prefrontale è praticamente quasi sempre coinvolta; infatti, molti studi tengono conto delle varie suddivisioni di essa. Ad esempio, tra le più note abbiamo la corteccia prefrontale ventromediale e la corteccia prefrontale dorsolaterale. Nel caso della memoria di lavoro è solitamente la corteccia prefrontale dorsolaterale ad avere il primato in quasi tutti i compiti che la coinvolgono. Tuttavia, bisogna anche specificare che molto dipende anche dal tipo di stimolo che viene processato. Ad esempio, molti studi mostrano differenze significative rispetto all'emisfero coinvolto della stessa area neurale. Stimoli linguistici vengono mediamente elaborati nella corteccia prefrontale dorsolaterale sinistra, ma stimoli che coinvolgono informazioni spaziali sulla destra.

Un discorso simile si può avanzare sulla memoria procedurale, la quale è comunemente definita una memoria “non dichiarativa”, in quanto si tratta di memorie strettamente legate all'apprendimento corporeo. Un altro modo per definirle è quello di dire che sono quelle memorie, o quei sistemi cognitivi, che integrano informazioni motorie, sensoriali o sensorimotorie.

Nel campo dell'educazione è più che noto come la tematica della corporeità, o meglio dell’“embodiment”, o cognizione incarnata, sia un argomento ormai estremamente dibattuto e assimilato. Non a caso,

quando parliamo di apprendimento e memoria, possiamo infatti tenere ampiamente conto di come la codifica sensorimotoria delle informazioni diventi parte integrante dell'apprendimento di concetti o contenuti apparentemente "astratti". Molti studi sono infatti stati condotti ad esempio sul coinvolgimento dell'attività motoria nell'apprendimento di compiti matematici o logici, in relazione allo svolgimento di determinati compiti standardizzati, con la finalità di valutare le performance soggettive in laboratorio. Dal punto di vista delle strutture anatomiche, le memorie procedurali coinvolgono maggiormente i nuclei coinvolti nel processamento dei meccanismi motori, come i gangli della base, e anche il cervelletto.

Un'altra funzione cognitiva di base che richiede di essere trattata nel contesto dell'apprendimento è sicuramente l'attenzione (Lindsay, 2020). I processi attentivi non sono un aspetto cognitivo isolato, al contrario, l'attenzione è pervasiva in quasi tutte le funzioni che abbiamo già menzionato. Per questa ragione, non dedichiamo una sezione a parte nell'attenzione, ma la discutiamo in relazione alla memoria e all'apprendimento.

In termini generici, l'attenzione può essere definita una funzione esecutiva, soprattutto quando parliamo di gestione dell'informazione. Con un esempio molto semplice, potremmo considerare l'attenzione come quel processo che interagisce con l'integrazione dei dati percettivi, con la finalità di escludere specifiche informazioni. Questo tipo di attenzione è comunemente definito come attenzione selettiva, oppure anche inteso come una componente dei processi inibitori. Un'altra funzione molto nota è la cosiddetta "attenzione sostenuta", anche comunemente definita concentrazione. A differenza dell'attenzione

selettiva, l'attenzione sostenuta è più vicina ai processi fuori dal controllo cosciente.

In entrambi i casi parliamo di due funzioni fondamentali da tenere in considerazione nella didattica. Soprattutto per quanto riguarda l'attenzione sostenuta, esaminandola, è facile rendersi conto dell'importanza dell'attenzione come fattore dominante per l'apprendimento.

Per questioni divulgative non entro nei dettagli della relazione tra attenzione e processamento sensoriale. Tuttavia, è sufficiente notare che molti studi si soffermano su questi aspetti in maniera estremamente sofisticata. Ad esempio, alcuni esperimenti comportamentali indicano che il passaggio dell'attenzione tra due compiti diversi all'interno di una stessa modalità sensoriale (come passare dall'individuare un oggetto visivo a identificarlo) o tra modalità sensoriali diverse (passando da un compito uditivo a uno visivo) comporta un certo costo computazionale (Pashler, 2000). Questo costo viene solitamente misurato come il peggioramento delle performance nelle prove subite dopo che il compito è stato cambiato, rispetto a quelle in cui lo stesso compito viene ripetuto.

Uno studio interessante mostra come i processi attentivi siano anche legati a reazioni neurofisiologiche apparentemente semplici rispetto alla cognizione di alto livello. Le saccadi sono movimenti oculari inconsci ma fondamentali nell'attenzione visiva e spaziale. In uno studio, quando i soggetti devono effettuare più saccadi di seguito, tendono a non ritornare nelle posizioni a cui hanno recentemente prestato attenzione e potrebbero rispondere lentamente se qualcosa di rilevante accade lì. Questo fenomeno è noto come inibizione del ritorno (Itti e Koch, 2001). Comportamenti di questo tipo spingono il sistema visivo

a non sfruttare solo le regioni dell'immagine inizialmente ritenute più salienti, ma anche a esplorare altre aree. Ciò significa anche che il sistema che genera le saccadi deve possedere una forma di memoria; si ritiene che questa venga implementata tramite un'inibizione a breve termine della rappresentazione delle posizioni recentemente attenzionate.

Questi studi, per quanto apparentemente distaccati dalla vita quotidiana, sono invece fondamentali da tenere in conto anche nel campo educativo. La capacità di gestire l'attenzione sostenuta è infatti una strategia educativa da tenere in considerazione; la gestione delle sessioni di apprendimento è una tematica strettamente legata a questi studi. Inoltre, un corretto funzionamento del sistema attentivo offre la possibilità di svolgere la selezione del materiale da apprendere, entrando in forte simbiosi con i sistemi mnestici di cui abbiamo già parlato.

Quando parliamo di attenzione, i network neurali sono molto vasti per essere esaustivamente introdotti. Ad esempio, anche il lobo parietale viene coinvolto in molte funzioni, ma per un'introduzione esauriva dovremmo discutere maggiormente le varie sottofunzioni. Per questa ragione non è necessario dilungarci oltre in questa sede.

## Apprendimento ed emozioni

Lo studio delle funzioni cognitive in relazione ai processi di apprendimento richiederebbe molto altro spazio per essere sufficientemente discusso, soprattutto se vengono introdotti fattori educativi. Tuttavia, proponiamo a questo punto di introdurre i fattori emotivi nel discorso, i quali ovviamente aprirebbero un intero capitolo di studi. Le funzioni

affettive o emotive sono estremamente complesse e anche strettamente legate alle varie funzioni cognitive di cui abbiamo parlato finora. Non è possibile essere esaustivi su questo tema, ma è facile evincere che le funzioni affettive siano strettamente legate a ciascuno dei sistemi cognitivi esaminati.

I due aspetti su cui possiamo sicuramente soffermarci, tipici delle varie dimensioni delle risposte emotive, sono l'arousal e la valenza. Nel primo caso, il concetto di “arousal” può anche non essere tradotto, dal momento che questa nozione è ormai entrata nel linguaggio comune, anche nella lingua italiana. Si può rendere con “attivazione”, “eccitazione”, tuttavia entrambi i concetti vanno intesi in senso strettamente neurofisiologico, prima che psicologico. Questa è la ragione per cui spesso rimane non tradotto dall'inglese. La valenza, invece, è una categoria fondamentale per il dominio emotivo, dal momento che ci consente di distinguere le emozioni in due domini estremamente generali, ossia positivo e negativo (Cahill et al., 2003; Storbeck and Clore, 2008).

Dal punto di vista dell'apprendimento, entrambi i fattori hanno un ruolo fondamentale per valutare il loro ruolo nel corretto funzionamento dei sistemi di apprendimento. Per quanto riguarda l'arousal, sappiamo che non è sufficiente considerare valori “alti” o “bassi” per comprenderne i risvolti emotivi, in quanto le migliori prestazioni vengono mediate non solo dall'attivazione di questo valore emotivo, ma anche dal contesto in cui ci si trova. Prendiamo per esempio il caso dell'interrogazione o del compito in classe: mentre un arousal troppo basso potrebbe non consentire la corretta attivazione dei sistemi attentivi, un arousal troppo alto potrebbe indurre stati d'ansia, che

andrebbero a inficiare decisamente la performance. Ne consegue che la corretta gestione dell'arousal, sia interna, attraverso processi di regolazione emotiva, che esterna, ad esempio modulando l'ambiente o attraverso tecniche educative da parte del docente, apre una tematica estremamente saliente nel campo educativo.

Per quanto riguarda, invece, la valenza delle emozioni, si comprende facilmente che il dominio “positivo” delle emozioni è quello sicuramente più importante per innescare processi di apprendimento efficaci. In maniera molto intuitiva, le emozioni dall’accezione negativa, come la rabbia o la tristezza, sono certamente perniciose per un corretto apprendimento, in quanto, entrando, sbilanciano il sistema nervoso, da vari punti di vista sui quali non è necessario entrare. Altre, invece, come la gioia e la curiosità, introducono una forte componente motivazionale, la quale ci fa facilmente evincere come riesca a mettere la persona nelle condizioni migliori per l’interazione nel contesto educativo, come la scuola, ma anche il mondo universitario.

Entrando più nello specifico, per quanto riguarda ciò che abbiamo descritto sulla relazione tra l’apprendimento e le varie funzioni cognitive di cui abbiamo parlato sopra, emerge in maniera evidente come le emozioni possano interagire diversamente con ciascuna di quelle tematiche. Discutendo l’arousal, abbiamo già accennato ad alcuni aspetti di questo discorso. In parole semplici, se l’arousal attiva il sistema attentivo, quest’ultimo, come spiegato, a sua volta incide sulle funzioni di apprendimento (Eysenck, 2012). Ad esempio, alcuni neurotrasmettitori, come la noradrenalina, sono condivisi da questi vari sistemi neurocognitivi, il che ci fa comprendere la causa che rende questi processi così legati tra loro.

Lo stesso vale per le funzioni mnestiche, anche se in questo caso alcuni dettagli in più emergono. La memoria introduce un ruolo rilevante per le emozioni a valenza negativa. Ad esempio, è più che noto che il tema della paura apre delle prospettive psicologiche estremamente dense da vari punti di vista. Oltre al noto ruolo che essa ha nella psicopatologia, in cui i ricordi che coinvolgono paura incrementano fortemente i processi di consolidamento della memoria, la paura ha effetti estremamente nocivi sull'apprendimento. Notoriamente la paura è strettamente legata ad altri fattori psicologici, come l'autostima, e si capisce facilmente che una bassa autostima possa inficiare il corretto funzionamento all'interno del mondo scolastico e universitario. Altre emozioni o reazioni emotive, invece, come l'ansia, fanno emergere una via di mezzo. L'ansia, infatti, quando coinvolge livelli troppo elevati, diventa ovviamente un limite psicologico rilevante per riuscire a stimolare non solo l'apprendimento ma l'efficace richiamo dei contenuti appresi. Tuttavia, una dose di ansia sufficiente regolata può anche avere effetti benefici, richiamando ad esempio quanto detto sul ruolo dell'attenzione (Warr and Downing, 2000; Liu and Huang, 2011).

Sulla tematica delle emozioni si potrebbe parlare molto, sia in termini prettamente neuroscientifici che didattici. In questa prima sezione, tuttavia, ci limitiamo a questo breve spunto, dal momento che molte di queste tematiche verranno riprese e approfondite nel corso del testo.

Un'ultima tematica è possibile introdurla col tema della creatività. Per quanto la creatività possa non sembrare direttamente legata all'apprendimento, recenti studi stanno mostrando come essa sia strettamente legata al miglioramento delle funzioni cognitive, e, di con-

seguenza, anche ai processi di apprendimento. Lo studio sperimentale della creatività è complesso, in quanto la sua definizione porta con sé difficoltà metodologiche significative. In effetti, si potrebbe sostenere che questo tipo di ricerca sia più arduo rispetto a studi cognitivi sulle funzioni mentali tradizionali. La creatività, infatti, non è solo un costrutto multifattoriale che si può definire in modi diversi a seconda dei processi cognitivi coinvolti, ma anche un fattore ampiamente influenzato da una molteplicità di variabili, come il livello di istruzione, l'età, il genere e altre ancora (Perrotta e Peluso, 2025).

Nonostante la difficoltà metodologica nell'indagare questo fenomeno, dovuta soprattutto alla sfida di sviluppare test in grado di misurare la creatività in modo preciso e affidabile, esistono numerosi studi che hanno permesso di identificare e differenziare diverse forme e parametri creativi. L'analisi di questi aspetti risulta importante anche nell'ambito pedagogico.

Particolare rilevanza assume il ruolo dei fattori motivazionali, ossia il legame tra l'espressione creativa e il suo impatto nell'aumentare la motivazione degli studenti, con effetti sul coinvolgimento e sull'apprendimento. In termini più specifici, la creatività può essere vista come autoriferita o, al contrario, come determinata da standard sociali (Dumas et al., 2024). La creatività autoriferita, dal punto di vista cognitivo, è quella che si origina dai propri valori e obiettivi, risultando particolarmente efficace nell'attivare processi motivazionali e di apprendimento, conducendo anche a un maggiore coinvolgimento emotivo. Al contrario, la creatività legata a standard sociali o istituzionali, pur essendo fondamentale, può risultare demotivante, poiché il compito da svolgere è mediato da criteri esterni imposti.

In termini più tradizionali, questa distinzione si inserisce nelle categorie classiche delle funzioni cognitive top-down e bottom-up. In altre parole, nel primo caso si osserva l'uso (o meno) di funzioni come l'attenzione o il controllo, mentre nel secondo si fa riferimento a una creatività più spontanea, che non è guidata dal controllo consapevole (Perrotta and Peluso, 2025)

Esistono numerosi studi di laboratorio che mirano a comprendere la natura e i benefici di questi due distinti modi di funzionamento cognitivo, ma non è possibile trattarli in modo esaustivo in questa sede. Dal punto di vista pedagogico, l'interesse principale non è tanto quello di definire in dettaglio i processi coinvolti, quanto piuttosto di comprendere la loro rilevanza nell'ambito dell'apprendimento scolastico. La discussione principale riguarda la comparazione tra l'importanza di introdurre fattori esplicativi, come la richiesta di risolvere un compito in modo consapevole, e quella di affidarsi invece a processi impliciti, tradizionalmente associati all'inconscio (Moran, 2010; Dietrich, 2019; López et al., 2024; Yeo et al., 2024).

Per sintetizzare, mentre la creatività è un concetto vasto, essa modula profondamente tutte le funzioni cognitive di cui abbiamo parlato. In altre parole, incedendo su memoria, attenzione e altre funzioni, così come sulle emozioni, la corretta gestione della creatività nel contesto scolastico diviene un fattore chiave per le valutazioni dell'apprendimento.

## Bibliografia

- An, S., Li, X., Deng, L., Zhao, P., Ding, Z., Han, Y., ... & Gong, H. (2021). A whole-brain connectivity map of VTA and SNc glutamater-

gic and GABAergic neurons in mice. *Frontiers in neuroanatomy*, 15, 818242.

Brem, A. K., Ran, K., & Pascual-Leone, A. (2013). Learning and memory. *Handbook of clinical neurology*, 116, 693-737.

Cahill, L., Gorski, L., & Le, K. (2003). Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learning & memory*, 10(4), 270-274.

Citri, A., & Malenka, R. C. (2008). Synaptic plasticity: multiple forms, functions, and mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, 33(1), 18-41.

Dietrich, A. (2019). Types of creativity. *Psychonomic bulletin & review*, 26(1), 1-12.

Eysenck, M. (2012). *Attention and arousal: Cognition and performance*. Springer Science & Business Media.

Lindsay, G. W. (2020). Attention in psychology, neuroscience, and machine learning. *Frontiers in computational neuroscience*, 14, 29.

Liu, M., & Huang, W. (2011). An exploration of foreign language anxiety and English learning motivation. *Education research international*, 2011(1), 493167.

López, U. H., Vázquez-Vilchez, M., & Salmerón-Vilchez, P. (2024). The contributions of creativity to the learning process within educational approaches for sustainable development and/or ecosocial perspectives: A systematic review. *Education Sciences*, 14(8), 824.

Magee, J. C., & Grienberger, C. (2020). Synaptic plasticity forms and functions. *Annual review of neuroscience*, 43(1), 95-117.

Miller, J. A., & Constantinidis, C. (2024). Timescales of learning in prefrontal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 25(9), 597-610.

- Moran, S. (2010). Creativity in school. *International handbook of psychology in education*, 319-359.
- Perrotta, D., Peluso Cassese F. *Educare al pensiero divergente: funzioni cognitive e creatività nella formazione scolastica*, in (a cura di) Tomassoni R., I 101 volti della creatività.
- Puig, M. V., Antzoulatos, E. G., & Miller, E. K. (2014). Prefrontal dopamine in associative learning and memory. *Neuroscience*, 282, 217-229.
- Root, D. H., Wang, H. L., Liu, B., Barker, D. J., Mód, L., Szocsics, P., ... & Morales, M. (2016). Glutamate neurons are intermixed with midbrain dopamine neurons in nonhuman primates and humans. *Scientific reports*, 6(1), 30615.
- Storbeck, J., & Clore, G. L. (2008). Affective arousal as information: How affective arousal influences judgments, learning, and memory. *Social and personality psychology compass*, 2(5), 1824-1843.
- Yeo, G. B., Celestine, N. A., Parker, S. K., To, M. L., & Hirst, G. (2024). A neurocognitive framework of attention and creativity: Maximizing usefulness and novelty via directed and undirected pathways. *Journal of Organizational Behavior*, 45(6), 912-934.
- Yoo, A. H., & Collins, A. G. (2022). How working memory and reinforcement learning are intertwined: A cognitive, neural, and computational perspective. *Journal of cognitive neuroscience*, 34(4), 551-568.
- Warr, P., & Downing, J. (2000). Learning strategies, learning anxiety and knowledge acquisition. *British journal of Psychology*, 91(3), 311-333.



**FRANCESCO PELUSO CASSESE**

## **Neurodidattica: dalle neuroscienze alla pratica educativa**

Negli ultimi decenni il dialogo tra neuroscienze e scienze dell’educazione ha assunto un ruolo sempre più rilevante nel dibattito pedagogico e didattico contemporaneo. Lo sviluppo delle neuroscienze cognitive e delle tecniche di studio del cervello ha permesso di acquisire nuove conoscenze sui processi neurofisiologici alla base dell’apprendimento, stimolando una riflessione critica sui modelli educativi tradizionali e sulle pratiche didattiche consolidate.

In tale scenario si colloca la Neurodidattica, una disciplina emergente che si propone di mettere le conoscenze neuroscientifiche al servizio dell’educazione e della formazione.

Come afferma Dehaene, per gli educatori la comprensione dei meccanismi neurofisiologici che governano l’apprendimento rappresenta un valido supporto sia nella gestione della classe sia nella progettazione della prassi didattica (Dehaene, 2011). L’apprendimento, infatti, non può essere considerato un processo puramente astratto o esclusivamente cognitivo, ma implica sempre un cambiamento a livello cerebrale, poiché le reti neurali si modificano in risposta all’esperienza. Tale prospettiva pone al centro il concetto di neuroplasticità, secondo

cui il cervello è un sistema dinamico, costantemente plasmato dall’interazione tra fattori biologici, ambientali ed educativi (VARIA, 2010).

La Neurodidattica si innesta nel più ampio ambito della Neuropsicologia dell’apprendimento e, a seconda dell’approccio teorico e metodologico adottato, è indicata in letteratura anche come Neuroeducazione, Neuropedagogia o Mind, Brain and Education. In particolare, Tokuhama-Espinosa definisce la Neuroeducazione come una disciplina transdisciplinare fondata sull’integrazione sinergica di mente, cervello ed educazione, sottolineando come il paradigma Mind, Brain and Education (MBE) sia nato e si sia sviluppato simultaneamente in diversi Paesi, grazie a una collaborazione internazionale basata su valori condivisi e su una comune attenzione alla dimensione educativa dell’apprendimento (Tokuhama-Espinosa, 2010).

Nel contesto italiano ed europeo, diversi studiosi hanno contribuito alla definizione e alla diffusione del concetto di Neurodidattica, intesa come un crocevia tra neuroscienze, didattica, psicologia e pedagogia speciale (Herrmann, 2006; Rivoltella, 2012). In questa prospettiva, la Neurodidattica non si limita a trasferire meccanicamente le evidenze neuroscientifiche nella pratica educativa, ma mira a costruire un quadro teorico e operativo capace di orientare l’azione didattica in modo consapevole e critico.

L’obiettivo principale della Neurodidattica è quello di promuovere una visione olistica del discente, che tenga conto non solo della dimensione cognitiva, ma anche di quella emotiva, motivazionale e relazionale. Come evidenziato da Compagno e Di Gesù, conoscere i meccanismi neuronali che regolano i processi di acquisizione e apprendimento consente di strutturare strategie didattiche più efficaci

e di intervenire in modo preventivo e compensativo nei confronti di disturbi dell'apprendimento, dell'attenzione e della sfera linguistica, riconducibili a forme di neurodiversità (Compagno & Di Gesù, 2013).

Tuttavia, la ricezione delle neuroscienze in ambito educativo non è stata priva di criticità. Accanto a un diffuso entusiasmo, si è sviluppata una marcata polarizzazione tra sostenitori e detrattori della Neurodidattica. Rivoltella sottolinea come tale polarizzazione abbia favorito, da un lato, atteggiamenti di riduzionismo neuroscientifico e, dall'altro, forme di neuroscetticismo, alimentando la diffusione di neuromitolologie prive di fondamento scientifico, come quella della rigida specializzazione emisferica (Rivoltella, 2012). Secondo l'autore, l'unica via per superare tali rischi consiste nell'adozione di una prospettiva autenticamente transdisciplinare, capace di valorizzare l'interazione tra saperi diversi senza annullarne le specificità.

Alla luce di queste considerazioni, il presente capitolo si propone di analizzare la Neurodidattica come campo di ricerca e di intervento educativo, muovendo dalle neuroscienze cognitive per giungere alle implicazioni didattiche e pedagogiche. L'obiettivo è quello di offrire una riflessione teorica critica sulla disciplina, evidenziandone le potenzialità applicative, i limiti epistemologici e le prospettive future, con particolare attenzione al ruolo del docente come mediatore consapevole tra conoscenze neuroscientifiche e pratica educativa.

## **Dalle neuroscienze cognitive alla Neurodidattica**

Le neuroscienze cognitive nascono come ambito di ricerca interdisciplinare con l'obiettivo di studiare i processi mentali attraverso l'analisi delle strutture e delle funzioni cerebrali. A partire dalla sec-

onda metà del Novecento, il progresso delle tecniche di indagine neuroscientifica ha consentito di superare progressivamente il dualismo cartesiano tra mente e corpo, favorendo una concezione unitaria dei processi cognitivi come fenomeni biologicamente incarnati (Damasio, 1994).

In questa prospettiva, l'apprendimento viene interpretato come il risultato di un'attività cerebrale complessa, che coinvolge reti neurali distribuite e dinamiche. Le neuroscienze cognitive hanno mostrato come funzioni quali attenzione, memoria, linguaggio e problem solving non siano localizzate rigidamente in singole aree del cervello, ma emergano dall'interazione di sistemi neurali interconnessi (Kandel, 2007). Tale visione sistematica rappresenta un presupposto fondamentale per la riflessione neurodidattica, poiché invita a considerare l'apprendimento come un processo globale e multidimensionale.

L'incontro tra neuroscienze e scienze dell'educazione ha aperto nuove prospettive interpretative sui processi di insegnamento e apprendimento, sollecitando una revisione critica dei modelli didattici tradizionali. Come osserva Goswami, le neuroscienze non offrono soluzioni immediate ai problemi educativi, ma forniscono cornici teoriche utili per comprendere meglio come gli studenti apprendono e perché alcune pratiche risultino più efficaci di altre (Goswami, 2004).

Uno dei contributi più rilevanti delle neuroscienze allo studio dell'apprendimento è rappresentato dal concetto di neuroplasticità. La plasticità cerebrale indica la capacità del cervello di modificare la propria struttura e il proprio funzionamento in risposta all'esperienza, rendendo possibile l'adattamento e l'apprendimento lungo tutto l'arco della vita (Kandel et al., 2010).

Gli studi sulla memoria hanno dimostrato come l'apprendimento sia legato a modificazioni sinaptiche stabili, che si consolidano attraverso la ripetizione e l'esperienza significativa. Kandel, integrando le intuizioni di Ramón y Cajal con la ricerca sperimentale, ha mostrato come diversi tipi di apprendimento producano differenti schemi di attività neurale, responsabili del rafforzamento o dell'indebolimento delle connessioni sinaptiche (Kandel, 2007). In tal senso, apprendere equivale a trasformare il "cablaggio" del cervello.

Queste evidenze neuroscientifiche confermano il ruolo centrale dell'esperienza nel processo di apprendimento. L'esperienza educativa non è mai neutra, ma agisce come fattore di modulazione delle reti neurali, influenzando la qualità e la durata degli apprendimenti. Tale consapevolezza rafforza l'idea, cara alla Neurodidattica, secondo cui l'ambiente di apprendimento e le strategie didattiche adottate incidono direttamente sullo sviluppo delle competenze.

Un ulteriore contributo fondamentale delle neuroscienze riguarda il riconoscimento del ruolo delle emozioni nei processi cognitivi. Le ricerche di Damasio hanno evidenziato come emozione e cognizione siano profondamente interconnesse, confutando l'idea che l'apprendimento possa avvenire in modo puramente razionale e disincarnato (Damasio, 1994).

In ambito educativo, ciò implica che il coinvolgimento emotivo e motivazionale degli studenti rappresenta una condizione imprescindibile per l'apprendimento significativo. Le neuroscienze educative hanno mostrato come emozioni positive favoriscano l'attenzione e la memorizzazione, mentre stati emotivi negativi, come ansia e stress, possano inibire i processi cognitivi (Tokuhama-Espinosa, 2010).

A questa visione si collega anche il contributo della scoperta dei neuroni specchio, che ha messo in luce il ruolo dell’osservazione e dell’imitazione nei processi di apprendimento. Rizzolatti e Sinigaglia hanno dimostrato come l’attivazione dei neuroni specchio consenta al soggetto di comprendere e interiorizzare le azioni altrui, favorendo forme di apprendimento esperienziale ed empatico (Rizzolatti & Sinigaglia, 2006). Tali evidenze rafforzano l’importanza della dimensione corporea e relazionale dell’apprendimento, spesso trascurata nei modelli didattici tradizionali.

Il passaggio dalle neuroscienze cognitive alla Neurodidattica rappresenta un vero e proprio snodo epistemologico. Come sottolinea Rivoltella, la sfida principale consiste nel tradurre le evidenze neuroscientifiche in indicazioni didattiche senza cadere in semplificazioni o riduzionismi (Rivoltella, 2012). La Neurodidattica, infatti, non può essere intesa come una mera applicazione tecnica delle neuroscienze all’educazione, ma come uno spazio di dialogo transdisciplinare.

Preiss, che per primo introdusse il termine Neurodidattica, concepiva questa disciplina come un ambito di riflessione capace di integrare conoscenze neuroscientifiche e competenze pedagogiche, nel rispetto della complessità dei processi educativi. In linea con tale impostazione, la Neurodidattica si configura come una disciplina di confine, orientata a supportare l’azione didattica senza sostituirsi alla professionalità del docente.

In questa prospettiva, la Neurodidattica assume il compito di offrire chiavi interpretative utili a comprendere come apprendono gli studenti, valorizzando le differenze individuali e promuovendo pratiche educative inclusive. Essa pone le basi per una riflessione critica

sull'insegnamento, che tenga conto delle evidenze neuroscientifiche senza rinunciare al contributo della pedagogia, della psicologia e della didattica.

## **Neurodidattica, Neuroeducazione e Neuropedagogia: un approccio transdisciplinare**

La Neurodidattica si configura come un ambito di ricerca e di intervento che nasce dall'incontro tra neuroscienze cognitive e scienze dell'educazione, con l'obiettivo di comprendere e migliorare i processi di insegnamento e apprendimento. Essa non si propone come una disciplina autonoma in senso stretto, bensì come uno spazio transdisciplinare in cui convergono contributi provenienti dalla pedagogia, dalla didattica, dalla psicologia e dalle neuroscienze (Rivoltella, 2012).

L'azione educativa non può essere compresa pienamente senza una conoscenza delle basi biologiche e neurofunzionali del comportamento umano. L'apprendimento viene definito come un processo di cambiamento generato dall'esperienza, che coinvolge attenzione, memoria, emozione, motivazione e movimento, elementi che trovano un preciso riscontro nei correlati neurali (Peluso Cassese & Lembo, 2023). In questa prospettiva, la Neurodidattica rappresenta un tentativo di superare la separazione tradizionale tra dimensione teorica e pratica educativa, offrendo al docente strumenti interpretativi per comprendere ciò che avviene "nel cervello che apprende".

Nel panorama internazionale, la Neurodidattica si colloca all'interno del più ampio paradigma della *Mind, Brain and Education Science* (MBE), promosso da Tokuhama-Espinosa. Tale paradigma si fonda sull'idea che mente, cervello ed educazione debbano essere con-

siderati ambiti distinti ma interdipendenti, chiamati a dialogare in uno spazio comune di ricerca (Tokuhama-Espinosa, 2010).

Secondo l'autrice, la Neuroeducazione non consiste nell'applicare meccanicamente le scoperte neuroscientifiche alla didattica, ma nel costruire una cornice teorica condivisa che permetta di interpretare i dati neuroscientifici alla luce dei contesti educativi reali. La diffusione internazionale del paradigma MBE testimonia l'esigenza, avvertita in diversi sistemi educativi, di fondare le pratiche didattiche su una conoscenza più profonda dei processi cognitivi ed emotivi coinvolti nell'apprendimento.

L'apertura interdisciplinare consenta agli educatori di sviluppare una maggiore consapevolezza dei processi che sostengono l'acquisizione delle competenze, favorendo una progettazione didattica più efficace e inclusiva (Peluso Cassese & Lembo, 2023).

Un apporto fondamentale alla riflessione neurodidattica proviene dagli studi sull'*Embodied Cognition*, che mettono in discussione la concezione della mente come entità astratta e disincarnata. Secondo questa prospettiva, i processi cognitivi sono profondamente radicati nell'esperienza corporea e nell'interazione con l'ambiente (Gómez Paloma & Fragnito, 2013).

Nel loro contributo *The Neurodidactic Mind-Body between Pedagogy and Neurosciences*, Gómez Paloma e Fragnito evidenziano come l'apprendimento sia un processo che coinvolge simultaneamente corpo, emozioni e cognizione. Il corpo non rappresenta un semplice supporto biologico, ma un vero e proprio mediatore di conoscenza, attraverso il quale l'individuo costruisce significati e rappresentazioni del mondo. In questa prospettiva, la memoria, l'attenzione e la comp-

renzione concettuale risultano fortemente influenzate dall'esperienza sensomotoria e dall'interazione sociale.

Tali considerazioni trovano riscontro anche nella didattica, dove metodologie basate sull'azione, sul movimento e sull'esperienza concreta favoriscono apprendimenti più stabili e significativi. La Neurodidattica, integrando i principi dell'Embodied Cognition, propone un modello educativo che riconosce la centralità del corpo e delle emozioni nei processi di apprendimento, superando la tradizionale dicotomia mente-corpo.

Un ulteriore elemento centrale della Neurodidattica riguarda il ruolo delle emozioni e della motivazione nei contesti educativi. Come sottolineato da Peluso Cassese et al., la possibilità che un contenuto venga appreso è strettamente legata all'interesse e al coinvolgimento emotivo che esso suscita nel discente (Peluso Cassese & Lembo, 2023).

Le neuroscienze educative hanno dimostrato come emozioni positive facilitino i processi attentivi e mnestici, mentre stati emotivi negativi possano ostacolare l'apprendimento. In questo senso, il docente non è solo un trasmettitore di contenuti, ma un mediatore emotivo e relazionale, chiamato a creare un clima di apprendimento favorevole allo sviluppo delle competenze. Gómez Paloma evidenzia come l'educazione emotiva rappresenti una componente essenziale della Neurodidattica, poiché consente di valorizzare il potenziale cognitivo degli studenti attraverso un approccio integrato mente-corpo (Gómez Paloma & Fragnito, 2013).

Alla luce delle considerazioni esposte, la Neurodidattica può essere interpretata come una risposta alla crescente complessità dei contesti

educativi contemporanei. L'integrazione tra neuroscienze, didattica e pedagogia consente di affrontare in modo più consapevole la diversità degli stili cognitivi, delle intelligenze e delle modalità di apprendimento, promuovendo pratiche educative inclusive e personalizzate.

Come sottolinea Rivoltella, il valore della Neurodidattica risiede nella sua capacità di offrire chiavi di lettura interpretative, piuttosto che prescrizioni operative rigide, evitando il rischio del riduzionismo neuroscientifico e delle neuromitologie (Rivoltella, 2012). In questa prospettiva, la Neurodidattica si configura come un dispositivo culturale e pedagogico, orientato a sostenere il docente nella progettazione di ambienti di apprendimento significativi, fondati sulla conoscenza scientifica ma attenti alla dimensione umana dell'educazione.

## **Neurodidattica, stili e strategie di apprendimento**

Un ambito particolarmente rilevante della Neurodidattica riguarda l'analisi degli stili e delle strategie di apprendimento, poiché consente di comprendere come gli studenti decodificano, elaborano e consolidano le informazioni, e come il docente possa progettare interventi più efficaci e inclusivi. In questa prospettiva, l'apprendimento può essere considerato l'esito di processi neurofisiologici e cognitivi che vengono "attivati" in modo differenziato a seconda della tipologia di compito, del contesto e delle caratteristiche individuali (Di Gesù, 2013).

Nel quadro neurodidattico, un primo punto di riferimento è la distinzione tra memoria implicita e memoria esplicita. Secondo alcune prospettive, la capacità di apprendere risulterebbe correlata anche all'attivazione/inibizione di specifici meccanismi biologici che variano in base alla tipologia di apprendimento. Al di là delle formulazioni

più strettamente neurobiologiche, è didatticamente cruciale osservare che l'apprendimento può avvenire sia attraverso processi spontanei e non consapevoli (più vicini all'implicito), sia attraverso processi consapevoli e riflessivi (più vicini all'esplicito), spesso sollecitati in contesti formali come la scuola (Di Gesù, 2013).

In ambito linguistico, la distinzione si traduce nella diversa partecipazione dei due sistemi di memoria: alcuni autori sottolineano che i meccanismi impliciti risultano particolarmente rilevanti per componenti fonetiche e morfosintattiche, mentre la memoria esplicita supporta in modo significativo l'interiorizzazione del lessico (Aglioti & Fabbro, 2006). Inoltre, nell'età adulta l'apprendimento tende a richiedere un maggiore controllo consapevole: alti livelli attentivi, focalizzazione dell'attenzione e intenzionalità, elementi che incidono direttamente sulla progettazione didattica e sulle strategie di studio (Di Gesù, 2009).

Storicamente, molte teorie hanno attribuito un ruolo centrale a meccanismi di apprendimento implicito. Il comportamentismo, ad esempio, interpreta l'apprendimento come risultato del condizionamento operante, basato su associazioni tra stimoli, risposte e rinforzi (Skinner, 1957). L'innatismo, in opposizione, sottolinea la creatività del linguaggio e la presenza di predisposizioni innate, ipotizzando strutture universali che rendono possibile l'acquisizione linguistica (Chomsky, 1980). Su questa linea, Krashen distingue tra acquisizione e apprendimento e ipotizza l'esistenza di un dispositivo specifico per l'acquisizione linguistica, sostenendo che i due processi non coincidano (Krashen, 1981).

Dal punto di vista neurodidattico, queste prospettive non sono da assumere come modelli esclusivi, ma come riferimenti utili per comprendere che l'apprendimento può attivarsi attraverso canali diversi: alcuni più impliciti, altri più esplicativi e metacognitivi. Ne deriva l'importanza di articolare la didattica con metodi e strumenti capaci di sostenere entrambi i processi, evitando un approccio unico valido per tutti (Di Gesù, 2013).

Negli ultimi decenni, la ricerca sugli stili di apprendimento ha prodotto numerosi modelli e classificazioni, interpretando lo stile come parte del corredo individuale e come esito dell'interazione tra caratteristiche personali e contesto socio-culturale. In questa prospettiva, lo stile influenza il modo in cui lo studente percepisce, ricorda, pensa e affronta un compito (Di Gesù, 2013).

Una definizione ampiamente ripresa descrive gli stili di apprendimento come tratti cognitivi, affettivi e fisiologici relativamente stabili che orientano il modo in cui l'allievo percepisce e risponde all'ambiente di apprendimento (Keefe, 1988; Alonso, Gallego & Honey, 1994). In modo complementare, Mariani interpreta lo stile come l'approccio complessivo e preferenziale di una persona all'apprendimento, che condiziona anche la scelta e l'uso delle strategie (Mariani, 1996). Alcuni autori distinguono inoltre tra stile di apprendimento e stile cognitivo: quest'ultimo riguarda modalità preferenziali di elaborazione dell'informazione, mentre lo stile di apprendimento concerne la traduzione operativa di tali modalità nei compiti e nelle situazioni educative (Woolfolk et al., 2004).

Accanto agli stili, la Neurodidattica attribuisce particolare rilievo alle strategie di apprendimento, intese come azioni specifiche utilizzate

zate dallo studente per rendere l'apprendimento più efficace, autonomo e trasferibile (Oxford, 1990). In tale prospettiva, le strategie non coincidono con lo stile: lo stile è più stabile e preferenziale, mentre le strategie sono maggiormente modificabili e insegnabili.

Oxford propone una classificazione che distingue strategie dirette e indirette, articolandole in sottogruppi (metacognitive, affettive, sociali, cognitive, mnemoniche, compensative), con l'obiettivo di descrivere come gli studenti interiorizzano, immagazzinano e recuperano nuove conoscenze (Oxford, 1990). Un contributo rilevante è offerto anche dall'approccio CALLA, sviluppato da Chamot e O'Malley, che valorizza l'insegnamento esplicito di strategie cognitive e metacognitive per sostenere l'apprendimento linguistico e accademico (Chamot & O'Malley, 1994). In ambito educativo, ciò implica che il docente possa lavorare non solo sui contenuti, ma anche sul "come si studia", promuovendo consapevolezza, autoregolazione e autonomia.

La letteratura propone numerosi modelli interpretativi degli stili. Tra quelli frequentemente utilizzati in ambito formativo rientrano: la dominanza a quadranti, le modalità di processamento dell'informazione, le dimensioni bipolari, le intelligenze multiple e il modello VAK (visivo–uditivo–cinestesico) (Herrmann, 1996; Kolb, 2014; Felder & Silverman, 1988; Gardner, 2011). In chiave neurodidattica, questi modelli non vanno intesi come etichette rigide, ma come strumenti per differenziare l'insegnamento e costruire percorsi più flessibili e inclusivi (Di Gesù, 2013; Rivoltella, 2012).

In particolare, l'Herrmann Brain Dominance Instrument (HBDI) propone una lettura a "quadranti", sviluppata a partire da riflessioni sui modelli di emisfericità e su distinzioni funzionali tra componenti cor-

ticali e limbiche (Herrmann, 1996). Nella ricostruzione teorica, vengono richiamati studi su specializzazione emisferica e organizzazione cerebrale, come quelli di Sperry sullo *split brain* e quelli di MacLean sul modello del cervello “trino” (Sperry et al., 1973). In prospettiva didattica, l’utilità del modello risiede soprattutto nella possibilità di progettare attività diversificate (analitiche, organizzative, creative, relazionali), così da coinvolgere preferenze differenti e potenziare canali non dominanti (Di Gesù, 2013).

Per sostenere la personalizzazione, alcuni approcci prevedono l’uso di questionari sugli stili come strumenti di lettura iniziale del gruppo classe. È importante, tuttavia, considerarli non come test psicométrici definitivi, ma come strumenti orientativi e riflessivi, utili a comprendere tendenze e preferenze e a monitorare cambiamenti nel tempo (Di Gesù, 2013). La Neurodidattica invita quindi a utilizzare tali strumenti con prudenza metodologica, valorizzandoli soprattutto come occasione di metacognizione e consapevolezza, sia per lo studente sia per il docente.

Da questo si deduce che il contributo della Neurodidattica agli stili e alle strategie di apprendimento consiste nel promuovere una didattica capace di coniugare in modo critico le conoscenze neuroscientifiche con le scelte pedagogiche e metodologiche. Tale integrazione non ha come obiettivo la classificazione rigida o deterministica degli studenti sulla base di presunte dominanze cognitive, ma piuttosto la valorizzazione della pluralità dei profili di apprendimento e delle differenze individuali presenti nei contesti educativi. In questa prospettiva, la Neurodidattica invita il docente a differenziare le proposte formative,

modulando strategie, strumenti e tempi in funzione dei bisogni cognitivi, emotivi e motivazionali degli apprendenti.

L'attenzione agli stili e alle strategie di apprendimento consente inoltre di potenziare i processi di autoregolazione e di metacognizione, favorendo negli studenti una maggiore consapevolezza delle proprie modalità di apprendere. Ciò si traduce nella possibilità di sviluppare competenze trasversali fondamentali, quali la capacità di pianificare lo studio, monitorare i propri progressi e adattare le strategie in relazione ai compiti richiesti. In tal senso, la Neurodidattica contribuisce a rendere l'apprendimento non solo più efficace, ma anche più autonomo e responsabile.

Dunque l'approccio neurodidattico si configura come uno strumento privilegiato per la promozione di una didattica inclusiva, capace di riconoscere e accogliere la neurodiversità come una risorsa educativa piuttosto che come un limite. L'integrazione tra neuroscienze e pedagogia permette di costruire ambienti di apprendimento più equi e flessibili, nei quali ogni studente possa trovare condizioni favorevoli allo sviluppo delle proprie potenzialità, nel rispetto delle differenze e dei ritmi individuali (Rivoltella, 2012; Peluso Cassese & Lembo, 2023).

## **Neurodidattica e pratiche educative: verso una didattica consapevole**

Il passaggio dalla Neurodidattica alla pratica educativa implica una riflessione approfondita su come i principi neuroscientifici possano orientare la progettazione didattica senza tradursi in applicazioni meccaniche o semplificazioni riduttive. In questa prospettiva, la Neurodi-

dattica non propone modelli prescrittivi, ma offre criteri interpretativi utili a comprendere perché alcune pratiche risultino più efficaci di altre nei contesti di apprendimento, dando consapevolezza alla costruzione degli ambienti di apprendimento. L'azione educativa viene così riletta alla luce dei processi cognitivi, emotivi e motivazionali che regolano l'apprendimento, ponendo particolare attenzione alla gestione dell'attenzione, alla memoria, al feedback e alla dimensione relazionale, coerente con l'ottica biopsicosociale di cui necessita la visione del discente.

Uno dei primi aspetti su cui la Neurodidattica invita a soffermarsi riguarda il funzionamento dell'attenzione e il rapporto tra carico cognitivo e apprendimento. Le neuroscienze cognitive hanno evidenziato come l'attenzione rappresenti una risorsa limitata, fortemente influenzata dalla quantità e dalla complessità degli stimoli proposti. Un'eccessiva densità informativa o una didattica rigidamente frontale possono determinare un sovraccarico cognitivo, compromettendo la capacità dello studente di elaborare e integrare le nuove informazioni (Sweller, 1988). In chiave educativa, ciò implica la necessità di progettare percorsi didattici che rispettino i tempi attentivi, articolando le attività in sequenze significative e favorendo momenti di rielaborazione e consolidamento. Come sottolineano Peluso Cassese e Lembo, una didattica neurodidatticamente orientata richiede una gestione intenzionale dei tempi, dei ritmi e degli stimoli, al fine di sostenere l'engagement e prevenire la dispersione attentiva (Peluso Cassese & Lembo, 2023).

Strettamente connesso alla gestione dell'attenzione è il tema della memoria e del consolidamento degli apprendimenti. Le neuroscienze

hanno mostrato come l'apprendimento non coincida con la semplice esposizione a un contenuto, ma richieda processi di creazione e successivamente stabilizzazione delle tracce mnestiche nel tempo. In particolare, la ripetizione distribuita e il recupero attivo delle informazioni favoriscono una ritenzione più duratura rispetto allo studio intensivo e concentrato (Kandel, 2007; Roediger & Karpicke, 2006). Dal punto di vista didattico, ciò si traduce nell'importanza di riprendere ciclicamente i contenuti, stimolare il richiamo delle conoscenze e promuovere collegamenti tra saperi nuovi e pregressi. La Neurodidattica rafforza dunque l'idea che l'apprendimento significativo, da un lato, sia il risultato di un processo graduale, che richiede tempo, rielaborazione e uso attivo delle conoscenze e dall'altro sia la conseguenza della presa di consapevolezza rispetto all'importante di saper creare degli ancoraggi alla realtà culturale dello studente.

Un ulteriore elemento centrale della pratica educativa riguarda il ruolo del feedback e della motivazione. Le ricerche in ambito educativo hanno evidenziato come il feedback rappresenti uno dei fattori con maggiore impatto sull'apprendimento, soprattutto quando è orientato al processo e non esclusivamente al risultato (Hattie, 2008). In una prospettiva neurodidattica, il feedback assume anche una valenza emotiva e motivazionale, poiché contribuisce a rafforzare il senso di autoefficacia e a sostenere l'impegno dello studente. Tokuhama-Espinosa sottolinea come le emozioni positive favoriscano l'attivazione dei processi cognitivi, mentre stati emotivi negativi, come ansia e stress, possano inibirli (Tokuhama-Espinosa, 2010). Ne deriva l'importanza di un clima di classe supportivo, in cui l'errore venga interpretato come occasione di apprendimento e non come fallimento, e in

cui la relazione educativa diventi parte integrante della progettazione didattica.

La dimensione sociale dell'apprendimento rappresenta un ulteriore ambito in cui le indicazioni neurodidattiche trovano una concreta applicazione. Le neuroscienze sociali hanno mostrato come l'interazione con gli altri favorisca processi di comprensione, interiorizzazione e costruzione del significato. In questa prospettiva, l'apprendimento cooperativo si configura come una strategia coerente con i principi della Neurodidattica, poiché consente agli studenti di confrontare punti di vista, verbalizzare il proprio pensiero e sviluppare competenze metacognitive e relazionali. Tali evidenze dialogano con le teorie socio-costruttiviste, che da tempo sottolineano il ruolo del linguaggio e dell'interazione nei processi di apprendimento (Vygotskij, 2006), offrendo una lettura integrata tra neuroscienze e pedagogia.

La Neurodidattica fornisce criteri utili anche per un uso consapevole delle tecnologie digitali nei contesti educativi. L'introduzione delle ICT non garantisce di per sé un miglioramento dell'apprendimento, ma richiede una progettazione attenta ai processi cognitivi coinvolti. Studi sull'apprendimento multimediale evidenziano come l'efficacia delle tecnologie dipenda dalla capacità di selezionare, organizzare e integrare le informazioni, evitando il sovraccarico cognitivo (Mayer, 2011). In questa prospettiva, le tecnologie possono rappresentare un valido supporto alla visualizzazione, alla simulazione e alla collaborazione, purché siano utilizzate in modo funzionale agli obiettivi didattici e non come semplici strumenti di trasmissione dei contenuti (Peluso Cassese & Lembo, 2023).

Nel complesso, la Neurodidattica contribuisce a orientare la pratica educativa verso una didattica più consapevole, riflessiva e inclusiva, capace di integrare conoscenze neuroscientifiche e scelte pedagogiche senza ridurre la complessità dei processi educativi. L'obiettivo non è quello di standardizzare l'insegnamento, ma di offrire al docente strumenti interpretativi per progettare ambienti di apprendimento significativi, attenti ai bisogni cognitivi, emotivi e relazionali degli studenti.

## Bibliografia

- Aglioti, S. M., & Fabbro, F. (2006). *Neuropsicologia del Linguaggio* (pp. 1-240). Il mulino.
- Alonso, C., Gallego, D., & Honey, P. (1994). Los estilos de aprendizaje. *Procedimientos de diagnóstico y mejora*. Bilbao: Mensaje-ro, 55.
- Chamot, A. U., & O'malley, J. M. (1994). *The CALLA handbook: Implementing the cognitive academic language learning approach*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.
- Chomsky, N. (1980). A review of BF Skinner's Verbal Behavior. *The Language and Thought Series*, 48-64.
- Compagno, G., & Di Gesù, F. (2013). Neurodidattica, lingua e apprendimenti. Riflessione teorica e proposte operative. Aracne.
- Damasio, A. R., & Sutherland, S. (1994). Descartes' error: Emotion, reason and the human brain. *Nature*, 372(6503), 287-287
- Dehaene, S., & Changeux, J. P. (2009). I neuroni della lettura.
- Di Gesù, F. (2009). Pensieri vicini, parole lontane. Il contributo delle neuroscienze alla didattica delle lingue. *BIBLIOTHECA*.

Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 78(7), 674-681.

Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Basic books.

Gesù, D. (2013). Neurodidattica e gli stili e le strategie d'apprendimento. In *Neurodidattica, lingua e apprendimenti. Riflessione teorica e proposte operative* (pp. 125-167). Aracne Editrice.

Gomez Paloma, F., & Fragnito, V. (2013). The NeuroDidactic. Mind and body between Pedagogy and Neurosciences. *REM*, 2, 107-121.

Goswami, U. (2004). Neuroscience and education. *British journal of Educational psychology*, 74(1), 1-14.

Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. routledge.

Herrmann, N. (1996). The whole brain business book.

Kandel, E. R. (2007). *In search of memory: The emergence of a new science of mind*. WW Norton & Company.

Keefe, J. W. (1988). Profiling and Utilizing Learning Style. NASSP Learning Style Series.

Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.

Krashen, S. D. (1981). Second language acquisition and second language learning.

Mayer, R. E. (2011). Applying the science of learning to multimedia instruction. In *Psychology of learning and motivation*(Vol. 55, pp. 77-108). Academic Press.

Oxford, R. L. (1990). *Language learning strategies: What every teacher should know. (No Title)*.

Peluso Cassese, F., & Lembo, L. (2023). *Manuale di didattica generale e neurodidattica*. Roma: Edicusano.

Rivoltella, P. C. (2012). *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*. Raffaello Cortina.

Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006). *So quel che fai: il cervello che agisce ei neuroni specchio*. Milano: Cortina.

Roediger III, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological science*, 17(3), 249-255.

Skinner, B. F. (1957). *Verbal behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.

Sperry, R. W., McGuigan, F. J., & Schoonover, R. A. (1973). The psychophysiology of thinking. *New York: Academic*.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285.

Tokuhama-Espinosa, T. (2010). *Mind, brain, and education science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching*. WW Norton & Company.

VARIA, P. A. S. S. (2010, October). Human neuroplasticity and education. In *The Proceedings of the Working Group* (Vol. 27).

Vygotskij, L. S. (2006). *Psicologia pedagogica: manuale di psicologia applicata all'insegnamento e all'educazione*. Edizioni Erickson.

Woolfolk, A., & Shaughnessy, M. F. (2004). An interview with Anita Woolfolk: The educational psychology of teacher efficacy. *Educational psychology review*, 16(2), 153-176.



**DAVIDE PERROTTA**

## Multisensorialità e Cognizione nelle Neuroscienze Educative: Teorie e Applicazioni

Sebbene il dibattito sulla distinzione concettuale tra sensazione, intesa come l'immediata ricezione di stimoli fisici da parte degli organi di senso, e percezione, ovvero l'elaborazione cognitiva e l'interpretazione di tali stimoli, costituisca uno dei pilastri fondativi della psicologia cognitiva, limitarsi a una visione puramente storica risulterebbe oggi riduttivo, senza per questo negare la sua importanza.

Parlarne nell'attuale panorama scientifico richiede un cambio di paradigma: viviamo infatti in un'era in cui le neuroscienze hanno superato la fase puramente teorica per assumere una forte connotazione applicativa. Grazie a strumenti di *neuroimaging* avanzati e allo sviluppo di interfacce cervello-computer, siamo ora in grado di osservare come il confine tra il dato sensoriale "grezzo" e la sua costruzione mentale sia molto più sfumato e dinamico di quanto ipotizzato in passato. Questo approccio moderno ci conduce, dunque, a nuovi sguardi in merito a questa tematica: non più come due processi sequenziali e distinti, ma come un sistema integrato e plastico, dove l'applicazione clinica e tecnologica ci svela meccanismi inediti sul funzionamento

del nostro cervello e dei suoi legami con la mente cosciente e inconscia.

Allo stato attuale, la nostra comprensione dei processi percettivi ha raggiunto un livello di sofisticazione senza precedenti, superando definitivamente la concezione modulare tradizionale (Zelditch and Goswami, 2021). È ormai acclarato che le percezioni non operano in compartimenti stagni, ma sono strettamente integrate tra loro in una sinergia continua: il cervello non si limita a sommare gli input dei cinque sensi classici (vista, udito, tatto, olfatto, gusto), ma costruisce attivamente uno scenario coerente fondendo queste informazioni in tempo reale. Inoltre, questo quadro complesso si estende ben oltre gli organi di senso tradizionali, annoverando quei sistemi sensoriali diffusi e non strettamente localizzabili in un unico punto del corpo, eppure fondamentali per la nostra sopravvivenza. Ci riferiamo, ad esempio, alla propriocezione (la capacità di percepire la posizione del proprio corpo nello spazio), alla cinestesia (la percezione del movimento) e al sistema vestibolare. È proprio l'interazione tra questi sensi “esterni” e “interni” a garantirci non solo la conoscenza dell’ambiente, ma la piena consapevolezza di noi stessi come entità fisiche agenti nel mondo (Liu et al., 2025).

Questa prospettiva teorica confluisce oggi nel paradigma dell’Embodiment (o *Embodied Cognition*), il quale postula che i processi cognitivi non siano calcoli astratti eseguiti da una mente isolata, ma siano profondamente radicati nella struttura fisica del corpo e nella sua interazione con l’ambiente. Questa visione implica che il processamento neurale sia intrinsecamente unificato e distribuito.

Pur senza addentrarci in un'eccessiva complessità neuroanatomica, la ricerca ha mappato con chiarezza la doppia natura del nostro cervello: da un lato esistono aree altamente specializzate, deputate all'elaborazione di specifici dati sensoriali, di cui un esempio classico è la corteccia occipitale, responsabile della decodifica degli input visivi (Larsson and Heeger, 2006).

Dall'altro, vi sono strutture subcorticali più profonde fondamentali per la sintesi del percepito. Tra queste spicca il talamo: ben più di una semplice stazione di passaggio, esso agisce come un hub cruciale deputato a filtrare, smistare e avviare una prima integrazione dei diversi canali sensoriali prima che questi raggiungano la coscienza, o anche nel caso in cui rimangano a livello di elaborazione inconscia (Worden et al., 2021).

Se tuttavia intendiamo traslare queste acquisizioni teoriche nel concreto ambito neuroeducativo, il nostro orizzonte d'indagine deve necessariamente ampliarsi, spostandosi dai meccanismi di base all'elaborazione di livello superiore (comunemente definiti *“higher-order processing”* nelle neuroscienze cognitive).

Nel mondo educativo, infatti, è evidente che l'individuo non è mai esposto a stimoli isolati o neutri. La realtà scolastica e formativa presenta una densità informativa radicalmente diversa rispetto al setting sperimentale di laboratorio: gli stimoli con cui lo studente interagisce sono densamente più complessi di quelli meramente sensoriali.

Non si tratta più solo di elaborare frequenze uditive o contrasti visivi, ma di decodificare simboli, linguaggi, regole sociali e rappresentazioni con connotazioni emotive, e così via. In questo contesto, il cervello non si limita a ricevere, ma deve attribuire ed elaborare

significati complessi, integrando la percezione con la memoria, l'attenzione e le funzioni esecutive.

## Integrazione multisensoriale dei sistemi cognitivi

Sebbene in precedenza ci si sia soffermati sulle funzioni cognitive superiori come domini distinti, una comprensione profonda dei meccanismi di apprendimento non può prescindere dall'analisi dell'interazione dinamica (un vero e proprio *crosstalk* neurale, Vicedomini et al., 2020; Xu et al., 2020) tra questi sistemi cognitivi e le integrazioni sensoriali di base.

È in questo punto di intersezione che si gioca la partita dell'efficacia didattica. Sappiamo infatti che gli stimoli tipici dell'educazione, come la lettura, la scrittura o il recupero mnestico, non sono eventi monolitici, ma processi complessi che possono, o devono, essere elaborati attraverso varie modalità sensoriali. Un compito apparentemente solo «visivo» come la lettura, ad esempio, attiva circuiti legati alla fonologia (udito) e, se coinvolge la scrittura manuale, alla motricità fine (tatto e propriocezione). Questa multimodalità offre un vantaggio strategico: presentare un contenuto attraverso diversi canali percettivi (ad esempio visivo e verbale simultaneamente) crea una ridondanza positiva (Mayer et al., 2014; Mayer, 2024). Ciò permette al cervello di creare tracce mnestiche più robuste e accessibili, offrendo allo studente molteplici “canali di ingresso” per codificare e successivamente recuperare la stessa informazione.

Prendiamo ad esempio l'apprendimento tramite la lettura come esempio tipico nel mondo scolastico. Sebbene l'atto del leggere ci appaia

come un flusso unico e immediato, possiamo sicuramente distinguere al suo interno diverse componenti funzionali che operano in parallelo.

In prima istanza, vi è l'elaborazione visivo-ortografica, ovvero la capacità della corteccia visiva di discriminare forme, orientamenti e sequenze di grafemi (la “forma” della parola). A questa si intreccia indissolubilmente la componente fonologica, che si occupa della conversione grafema-fonema, traducendo il segno visivo in un codice sonoro, anche durante la lettura silenziosa (Siegel, 2006; Peterson and Pennington, 2012).

Infine, e simultaneamente, avviene l'accesso semantico-lessicale: il cervello collega quel codice sensoriale al significato immagazzinato nella memoria a lungo termine. Comprendere questa stratificazione è cruciale: non riguarda solamente la valutazione neuropsicologica o clinica, ma può essere una guida indispensabile per l'educatore o per il docente. La comprensione di un deficit in una sola di queste fasi (pur a fronte di organi di senso perfettamente integri) può compromettere l'intero processo di apprendimento.

## **Comprensione del cervello multisensoriale e applicazioni nel campo educativo**

Una diagnosi accurata, o comunque un'ipotesi di lavoro efficace fondata sull'osservazione, può non solo aiutare il docente o l'educatore a comprendere le specifiche modalità di funzionamento cognitivo del discente, ma può anche condurre a sfruttare strategicamente altri canali sensoriali, non deficitari, al fine di aggirare l'ostacolo neurobiologico e garantire l'accesso alla conoscenza.

Questo aspetto è stato dibattuto in moltissime forme e attraverso varie teorie, come, ad esempio, il principio della vicarianza: se la via principale (ad esempio quella visivo-ortografica nella dislessia) è os-truita o poco fluida, l'educatore competente non insiste solo su quella, ma attiva percorsi alternativi. Sfruttando i punti di forza dello studente. Come l'ascolto, la manipolazione o l'associazione visiva per immagini, si permette al cervello di compensare le fragilità, raggiungendo il medesimo obiettivo didattico attraverso un “percorso neuronale” diverso ma altrettanto valido (Mizelle et al., 2013; Gibson and Mair, 2016).

Analizzando il processo dal punto di vista della codifica, emerge un ulteriore elemento cruciale: la robustezza della traccia mnestica non dipende solo dalla ripetizione dello stimolo, ma dalla modalità con cui esso viene trasformato in segnale neurale.

Le neuroscienze cognitive, supportate dalla teoria della *Doppia Codifica* (Clark and Paivio, 1991; Sadoski and Paivio, 2013), ci insegnano che il cervello dispone di sistemi funzionalmente distinti per processare informazioni verbali e non verbali (come le immagini).

Quando un docente riesce a stimolare una codifica multipla — associando ad esempio una parola (codice verbale) a un’immagine o a un’esperienza motoria (codice visivo/cinestesico) — non sta semplicemente “arricchendo” la lezione. Sta permettendo al cervello dello studente di creare due percorsi di recupero indipendenti ma interconnessi. In termini pratici, questo significa che se il percorso verbale dovesse fallire (lo studente non ricorda la parola), il percorso visivo o motorio potrà fungere da “gancio” alternativo per recuperare l’informazi-

one, rendendo l'apprendimento decisamente più stabile e resistente all'oblio.

Approfondendo la disamina in termini più rigorosamente tecnici e analitici in merito alla codifica di contenuti didattici ad alta complessità strutturale, quali quelli propri del contesto educativo, si rende necessario operare una distinzione fondamentale sulla natura della rappresentazione mentale che ne scaturisce, la quale può configurarsi come prettamente sensoriale laddove si ancore alle caratteristiche percettive di superficie dello stimolo o elevarsi a livello semantico, qualora coinvolga le reti associative del significato profondo, una dicotomia che influenza in modo determinante le successive dinamiche di rievocazione. In accordo con il principio della specificità della codifica, l'efficacia del cosiddetto "cue" o indizio di recupero non è mai un valore assoluto ma dipende intrinsecamente dal grado di sovrapposizione e compatibilità con gli stati di codifica iniziali, ragion per cui, adottando una prospettiva volta all'ottimizzazione dei processi mnestici, è evidente che se il medesimo contenuto informativo viene elaborato attraverso una rappresentazione sensorialmente integrata e multimediale, che intreccia simultaneamente codici visivi, uditi e cinestesici, si assiste alla genesi di un engramma distribuito, e caratterizzato da una ridondanza neuronale positiva che garantisce statisticamente maggiori possibilità di recupero, in quanto il sistema cognitivo disporrà di una più ampia varietà di chiavi di accesso e percorsi associativi capaci di riattivare la traccia neurale completa anche a fronte di un input parziale o degradato.

Sebbene l'utilizzo del termine "engramma" possa apparire complesso, non intendiamo qui riferirci a costrutti teorici eccessivamente

tecnici, bensì descrivere la concreta traccia biologica lasciata dall'apprendimento nel nostro cervello.

Dal punto di vista strettamente neurale, infatti, l'engramma si configura non come un singolo punto di stoccaggio, ma come uno specifico pattern di connessioni sinaptiche che una popolazione di neuroni attiva in modo sincrono nel momento in cui si codifica o si rappresenta un determinato contenuto.

È la materializzazione biologica del principio per cui *“i neuroni che si attivano insieme, si collegano insieme”*, ossia un principio noto dagli studi di Hebb (2005). Nel contesto scolastico questo aspetto neurobiologico si traduce, tuttavia, in qualcosa di estremamente pratico: quando chiediamo a uno studente di esporre un concetto o recuperare una nozione, non stiamo facendo altro che chiedergli di riattivare quella specifica mappa neurale. La qualità e la fluidità della sua esposizione dipenderanno direttamente dalla stabilità e dalla ricchezza delle connessioni che costituiscono quell'engramma.

Spostando l'attenzione sul ruolo specifico del corpo, emerge con forza il valore imprescindibile dell'integrazione cinestesica nei processi di apprendimento, un ambito che scardina definitivamente la visione tradizionale dello studente come recettore statico. La ricerca nell'ambito dell'*Embodied Cognition* conferma che i sistemi deputati al controllo motorio e quelli dedicati alle funzioni cognitive superiori non operano su binari paralleli, ma sono profondamente interconnessi: attivare il corpo significa attivare la mente.

Quando l'apprendimento viene associato al movimento — sia esso la manipolazione fine di oggetti, la gestualità a supporto del discorso o lo spostamento nello spazio — si innesca una sinergia neurale potente.

L'informazione non viene solo “pensata”, ma letteralmente “agita”. Questo processo recluta vaste aree della corteccia motoria e del cervelletto che, lavorando in tandem con l'ippocampo, trasformano l'azione fisica in un ancoraggio mnestico profondo (Senkfor et al., 2008; Sivashankar and Fernandes, 2022).

In termini pratici, l'esperienza cinestetica funge da “colla” per l'engramma: rende il concetto astratto tangibile e permette di codificare l'informazione anche attraverso la memoria procedurale, che è notoriamente più resistente all'oblio rispetto alla sola memoria semantica.

Traslando questi principi nella didattica quotidiana, un primo esempio lampante si riscontra nell'apprendimento linguistico e lessicale attraverso il cosiddetto “effetto enactment”. Se anziché limitarsi a leggere o ripetere passivamente un verbo (ad esempio “afferrare” o “lanciare”), lo studente ne mima l'azione mentre pronuncia la parola, si assiste a una doppia attivazione neurale: l'area di Broca (linguaggio) lavora in sincronia con la corteccia motoria primaria.

Questa strategia è particolarmente efficace non solo per le lingue straniere, ma anche per la memorizzazione di sequenze storiche o narrative: incoraggiare gli alunni a utilizzare una gestualità rappresentativa (ad esempio indicare il passato dietro di sé e il futuro davanti, o mimare la dinamica di un evento storico) permette di sfruttare la memoria spaziale del corpo per ordinare e recuperare concetti che altrimenti rimarrebbero astratti e volatili.

Un secondo ambito di applicazione cruciale riguarda le discipline STEM (Scienze, Tecnologia, Ingegneria e Matematica), dove il movimento fisico può fungere da ponte verso l'astrazione logica. Pensiamo alla geometria o alla fisica: chiedere agli studenti di ‘diventare’

le figure geometriche, utilizzando le braccia per rappresentare diversi tipi di angoli o camminando nello spazio per tracciare il perimetro di un poligono, permette di interiorizzare le proprietà spaziali euclidee attraverso il sistema vestibolare e propriocettivo (Abrahamson et al., 2020; Palatnik et al., 2023).

In questo modo, la nozione di “angolo ottuso” o “vettore” non viene codificata solo come una definizione scritta sul libro, ma come una precisa sensazione corporea; tale esperienza sensomotoria crea un “gancio” fisico robusto a cui il cervello potrà aggrapparsi quando, successivamente, dovrà manipolare quegli stessi concetti in forma simbolica durante una verifica o un problema matematico.

È facile comprendere come queste tematiche non siano solamente legate allo studio inteso come attività discente, ma investano prepotentemente anche la sfera della docenza. Una chiara comprensione di questi meccanismi offre al docente, in prima istanza, la possibilità di evolvere il proprio ruolo da semplice trasmettitore di nozioni a progettista consapevole di ambienti di apprendimento.

Sapere come il cervello seleziona, integra e codifica le informazioni permette all'insegnante di calibrare il cosiddetto carico cognitivo (*cognitive load*): evitando di saturare i canali sensoriali con input ridondanti o confusi, egli può strutturare la lezione orchestrando sapientemente voce, immagini e movimento. In quest'ottica, la scelta di utilizzare una mappa visiva piuttosto che un testo, o di inserire un'attività motoria, non è più un vezzo stilistico, ma una decisione tecnica mirata a massimizzare l'efficacia sinaptica della trasmissione del sapere.

In secondo luogo, il possesso di tali chiavi di lettura trasforma radicalmente l'interpretazione delle difficoltà scolastiche. Di fronte a uno studente che fatica a memorizzare o a comprendere, il docente consci di tali meccanismi, non si limita a giudicare il risultato, ma è in grado di analizzare il processo sottostante.

Egli può ipotizzare quale fase della catena percettiva o mnestica sia alterata: è un problema di discriminazione sensoriale? Di codifica semantica? Di recupero? Questo tipo di ragionamento nel campo educativo, si traduce facilmente nella possibilità di intervenire con strategie mirate e flessibili. Questa consapevolezza genera una forma di “empatia” che si estende a livelli più marcatamente cognitivi. In parole più semplici: comprendendo che l'errore spesso deriva da un mancato allineamento tra lo stile di insegnamento e il funzionamento neurale dello studente, l'educatore o il docente è spinto a variare i canali comunicativi, garantendo un'inclusività che non è solo formale, ma biologicamente fondata.

## **Dinamiche Neurali e Deficit di Processamento nel DSA**

Per comprendere appieno la portata neurocognitiva dei disturbi specifici dell'apprendimento (DSA), è indispensabile estendere la discussione oltre il singolo canale sensoriale e analizzare il fallimento dei meccanismi di sincronizzazione neurale e automatizzazione. Un denominatore comune a molti di questi disturbi sembra risiedere in una disfunzione del cervelletto, tradizionalmente associato solo al movimento, ma oggi riconosciuto come il “coprocessore” fondamentale per l'automatizzazione di qualsiasi abilità, inclusa quella cognitiva.

Secondo la *Cerebellar Deficit Hypothesis* (Nicolson & Fawcett, 2001), il cervello con DSA fatica a trasformare un'abilità appresa consciamente (che richiede alto sforzo corticale) in una routine automatica inconscia. Questo spiega perché un dislessico o un discalculico, anche dopo anni di esercizio, sperimenta una fatica cognitiva sproporzionata: il suo cervello deve processare ogni singola lettera o calcolo “manualmente”, come se fosse sempre la prima volta, non riuscendo a delegare il compito ai circuiti cerebellari dell’automatismo rapido.

La dislessia apre questa tematica, ad esempio con riferimento al problema della Finestra Attentiva Visiva (VAS). Approfondendo la dislessia oltre la fonologia, emerge il ruolo critico dello Span Attentivo Visivo (*Visual Attentional Span*, Frey and Bosse, 2018). Molti soggetti non hanno problemi a riconoscere la singola lettera, ma falliscono nell’elaborazione multielemento parallela.

Durante la lettura, il cervello deve aprire una finestra attentiva che inglobi non solo la lettera fissata, ma anche quelle adiacenti (visione parafoveale) per pre-programmare il movimento oculare successivo (Darvishi et al., 2025). Nel dislessia, questa finestra è spesso patologicamente ristretta o asimmetrica. Ciò costringe a una lettura “a tunnel” lettera per lettera, impedendo quella visione d’insieme necessaria per anticipare la parola e garantire fluidità. Inoltre, si riscontra spesso un deficit nel Binding Temporale Multisensoriale: il cervello fatica a incollare esattamente il suono (fonema) con l’immagine (grafema) se questi non arrivano alla corteccia associativa con una sincronia perfetta al millisecondo, creando un effetto di “doppiaggio fuori sincrono” che confonde la decodifica.

La discalculia è un altro esempio, nel quale troviamo diverse teorie, come la Dissociazione tra Codici e Memoria di Lavoro Visuo-Spaziale. Nel dominio della discalculia, la discussione deve integrare il ruolo della Memoria di Lavoro Visuo-Spaziale (VSWM, Logie, 2014). Il calcolo non è solo un fatto concettuale, ma richiede una “lavagna mentale” dove mantenere e manipolare le posizioni degli elementi (si pensi ai riporti in colonna o al prestito nella sottrazione). Nei discalculici, questa lavagna appare ridotta o instabile. A ciò si aggiunge spesso un fallimento nell’effetto SNARC (*Spatial-Numerical Association of Response Codes*, Richter and Wühr 2023), che dimostra come la mente umana mappi i numeri nello spazio (piccoli a sinistra, grandi a destra). Il soggetto discalculico mostra una rappresentazione spaziale della linea numerica compressa o disorganizzata, rendendo operazioni come la stima o il confronto di grandezze estremamente lente perché prive di quel supporto spaziale intuitivo che guida i normotipici.

In merito a quanto discusso, è cruciale anche discutere del concetto di Rumore Neurale (*Neural Noise*) per spiegare l’alta comorbilità tra questi disturbi (chi è dislessico è spesso disortografico o discalculico). L’ipotesi è che vi sia una generale instabilità nell’attivazione neurale in risposta agli stimoli sensoriali.

Se i neuroni rispondono in modo incostante allo stesso stimolo (oggi vedo una “b”, domani lo stesso segnale neurale è troppo debole e non la riconosco), il bambino non riesce a consolidare categorie percettive robuste. Questo “rumore di fondo” eccessivo ostacola la formazione di connessioni stabili in tutte le aree dell’apprendimento, suggerendo che l’intervento riabilitativo debba puntare non solo sul contenuto (insegnare le regole), ma sul potenziamento del segnale (aumentare la

salienza percettiva, il contrasto, la chiarezza ritmica) per permettere al cervello di estrarre pattern significativi dal caos sensoriale.

Alla luce del percorso tracciato, che ci ha condotto dalle basi neurofisiologiche della sensazione fino alle complesse dinamiche dell'integrazione multisensoriale e dei deficit specifici, emerge un quadro operativo radicalmente rinnovato per la figura del docente.

Abbiamo compreso che l'apprendimento non è mai un evento puramente astratto, ma un processo biologicamente radicato che dipende dalla qualità della percezione, dalla stabilità della codifica e dalla ricchezza delle connessioni sinaptiche. In particolare, l'analisi approfondita dei Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA) ci ha permesso di decostruire lo stigma dell'incapacità o dello scarso impegno, rivelando al suo posto un substrato di micro-alterazioni sensoriali e procedurali: dal "rumore" neurale alla saturazione della memoria di lavoro, fino ai deficit di automatizzazione cerebellare (Deutsch and Newell, 2005; Green et al., 2016).

Questa consapevolezza non è un mero esercizio accademico, ma costituisce la vera cassetta degli attrezzi del docente moderno.

Forte di queste conoscenze, l'educatore non si trova più disarmato di fronte all'errore o al blocco dello studente, ma è ora in grado di interpretarli come segnali diagnostici di un processo neurale che necessita di supporto specifico. Non si limiterà più a "spiegare di nuovo", ma saprà agire come un regista dell'input sensoriale, modulando il carico cognitivo, attivando canali vicarianti (visivi, cinestesici, uditi) e costruendo ponteggi (*scaffolding*, Van de Pol et al., 2010) su misura che aggirino il deficit per valorizzare il potenziale residuo.

In definitiva, prepararsi ad affrontare la complessità neuroeducativa significa abbandonare la logica della standardizzazione per abbracciare una didattica scientificamente fondata sulla neurodiversità, dove ogni strategia è scelta non per caso, ma perché risuona con l'architettura funzionale della mente che si ha di fronte.

## Bibliografia

Abrahamson, D., Nathan, M. J., Williams-Pierce, C., Walkington, C., Ottmar, E. R., Soto, H., & Alibali, M. W. (2020, August). The future of embodied design for mathematics teaching and learning. In *Frontiers in Education* (Vol. 5, p. 147). Frontiers Media SA.

Ashburn, S. M., Booth, J. R., & Booth, J. R. (2020). Cerebellar function in children with and without dyslexia during single word processing. *Human Brain Mapping*. <https://doi.org/10.1002/hbm.24792>

Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational psychology review*, 3(3), 149-210.

Darvishi, A., Sangsefidi, N., Shandiz, J. H., Rad, D. S., Narooie-Noori, F., & Khorrami-Nejad, M. (2025). Visual function deficits in dyslexic children: a case-control study. *BMC ophthalmology*, 25(1), 144.

Decarli, G., Priftis, K., & Zorzi, M. (2023). Severe developmental dyscalculia is characterized by core deficits in approximate number system and visual-spatial working memory. *Journal of Learning Disabilities*. <https://doi.org/10.1177/00222194231157665>

Deutsch, K. M., & Newell, K. M. (2005). Noise, variability, and the development of children's perceptual-motor skills. *Developmental Review*, 25(2), 155-180.

- Frey, A., & Bosse, M. L. (2018). Perceptual span, visual span, and visual attention span: Three potential ways to quantify limits on visual processing during reading. *Visual Cognition*, 26(6), 412-429.
- Gibson, B. M., & Mair, R. (2016). A pathway for spatial memory encoding. *Learning & Behavior*, 44(2), 97-98.
- Green, D. B., Ohlemacher, J., & Rosen, M. J. (2016). Benefits of stimulus exposure: developmental learning independent of task performance. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 263.
- Hebb, D. O. (2005). *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. Psychology press.
- Larsson, J., & Heeger, D. J. (2006). Two retinotopic visual areas in human lateral occipital cortex. *Journal of neuroscience*, 26(51), 13128-13142.
- Liu, Z., Pan, Z., & Mayer, R. E. (2025). The effect of embodied learning on students' learning performance: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 44, Article 12411960. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.12411960>
- Logie, R. H. (2014). *Visuo-spatial working memory*. Psychology Press.
- Mayer, R. E. (2024). The past, present, and future of the cognitive theory of multimedia learning. *Educational Psychology Review*, 36(1), 8.
- Mayer, R. E., Lee, H., & Peebles, A. (2014). Multimedia learning in a second language: A cognitive load perspective. *Applied Cognitive Psychology*, 28(5), 653-660.

- Mizelle, J. C., Kelly, R. L., & Wheaton, L. A. (2013). Ventral encoding of functional affordances: a neural pathway for identifying errors in action. *Brain and cognition*, 82(3), 274-282.
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in neurosciences*, 24(9), 508-511.
- Palatnik, A., Abrahamson, D., Baccaglini-Frank, A., Ng, O. L., Shvarts, A., & Swidan, O. (2023). Theory and practice of designing embodied mathematics learning.
- Paraskevopoulos, E., Herholz, S. C., & Herholz, S. C. (2025). Multisensory vs. unisensory learning: How they shape effective connectivity networks. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 19, Article 12491179. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2025.12491179>
- Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2012). Developmental dyslexia. *The lancet*, 379(9830), 1997-2007.
- Richter, M., & Wühr, P. (2023). Spatial-numerical associations of manual response codes are strongly asymmetrical. *Cognition*, 238, 105538.
- Sadoski, M., & Paivio, A. (2013). *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing*. Routledge.
- Senkfor, A. J., Van Petten, C., & Kutas, M. (2008). Enactment versus conceptual encoding: Equivalent item memory but different source memory. *Cortex*, 44(6), 649-664.
- Siegel, L. S. (2006). Perspectives on dyslexia. *Paediatrics & child health*, 11(9), 581-587.

Sivashankar, Y., & Fernandes, M. A. (2022). Enhancing memory using enactment: does meaning matter in action production?. *Memory*, 30(2), 147-160.

Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher–student interaction: A decade of research. *Educational psychology review*, 22(3), 271-296.

Vicidomini, C., Guo, N., & Sahay, A. (2020). Communication, cross talk, and signal integration in the adult hippocampal neurogenic niche. *Neuron*, 105(2), 220-235.

Wooten, J. O., & Wooten, J. O. (2024). The effects of dual coding theory on social studies content knowledge. *Journal of Educational Research*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1451130.pdf>

Worden, R., Bennett, M. S., & Neacsu, V. (2021). The thalamus as a blackboard for perception and planning. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 15, 633872.

Xu, X., Hangartner, I. L., & Bieler, M. (2020). Cross-talk of low-level sensory and high-level cognitive processing: development, mechanisms, and relevance for cross-modal abilities of the brain. *Frontiers in Neurorobotics*, 14, 7.

Zelditch, M. L., & Goswami, A. (2021). What does modularity mean?. *Evolution & Development*, 23(5), 377-403.

## EUGENIA TREGLIA

# Fondamenti neurobiologici del pensiero creativo e implicazioni didattiche

## Inquadramento concettuale del pensiero creativo

Il pensiero creativo è oggi riconosciuto come un costrutto complesso, dinamico e intrinsecamente multidimensionale, che non può essere ridotto né a una singola abilità cognitiva né a un tratto stabile della personalità (Treglia, 2020). La definizione maggiormente condivisa in letteratura identifica la creatività come la capacità di generare idee, soluzioni o prodotti che risultino originali e appropriati rispetto a un determinato contesto (Runco & Jaeger, 2012). Tale formulazione evidenzia come la creatività non sia un fenomeno assoluto, ma profondamente situato, dipendente da vincoli culturali, sociali e funzionali. Un contributo fondativo allo studio del pensiero creativo è rappresentato dai lavori di Guilford (1950, 1967), che introdussero la distinzione tra pensiero divergente e pensiero convergente. Il pensiero divergente è caratterizzato dalla produzione fluida, flessibile e originale di molteplici idee, mentre il pensiero convergente è orientato alla selezione, valutazione e ottimizzazione delle soluzioni. Sebbene inizialmente il pensiero divergente sia stato considerato il nucleo

principale della creatività, la ricerca contemporanea ha chiarito come i processi creativi efficaci richiedano una integrazione funzionale tra fasi divergenti e convergenti, che si alternano e si sovrappongono nel tempo (Lubart, 2001; Sternberg, 2006; Fink & Benedek, 2014).

Negli ultimi due decenni, la creatività è stata progressivamente re-interpretata come processo cognitivo complesso, piuttosto che come prodotto finale o talento innato. In questa prospettiva, il pensiero creativo emerge da cicli iterativi di esplorazione, ristrutturazione e valutazione, spesso caratterizzati da incertezza, ambiguità e riorganizzazione cognitiva (Sawyer, 2012). Studi recenti sottolineano come tali processi coinvolgano meccanismi di associazione remota, flessibilità cognitiva e controllo esecutivo, che operano in modo non lineare e contestualmente sensibile (Beaty et al., 2016; Benedek & Fink, 2019). Parallelamente, si è affermata una visione sistematica e interattiva della creatività, secondo cui essa non risiede esclusivamente nell'individuo, ma emerge dall'interazione tra caratteristiche personali, contesti educativi, pratiche culturali e sistemi di valore (Glăveanu, 2014; Sternberg & Karami, 2021). Tale approccio risulta particolarmente rilevante in ambito educativo, poiché consente di superare una concezione elitaria della creatività e di riconoscerne il potenziale diffuso e sviluppabile. In ambito pedagogico, numerose ricerche evidenziano come il pensiero creativo sia strettamente connesso a competenze chiave per il XXI secolo, quali il problem solving complesso, il pensiero critico, l'adattabilità e l'apprendimento autoregolato (OECD, 2018; Beghetto & Kaufman, 2014). La creatività, in questa prospettiva, non rappresenta un obiettivo accessorio, ma una dimensione strutturale dei processi di

apprendimento, che può essere sostenuta o inibita dalle pratiche didattiche e dai contesti educativi.

Questo inquadramento concettuale costituisce il presupposto teorico per l'analisi dei fondamenti neurobiologici del pensiero creativo. Comprendere la creatività come processo distribuito, dinamico e sensibile al contesto permette infatti di interpretare le evidenze neuroscientifiche non in chiave riduzionista o deterministica, ma come strumenti interpretativi utili a informare pratiche educative più inclusive, flessibili e neurocompatibili.

L'analisi dei fondamenti neurobiologici del pensiero creativo ha conosciuto un notevole sviluppo grazie all'integrazione tra neuroscienze cognitive, psicologia sperimentale e *creativity research*. Le prime interpretazioni, fortemente influenzate da modelli localizzazionisti, tendevano ad associare la creatività a specifiche regioni cerebrali o a una presunta dominanza dell'emisfero destro. Tuttavia, tali approcci si sono progressivamente rivelati riduttivi e incapaci di spiegare la complessità e la variabilità dei fenomeni creativi (Dietrich, 2004; Corballis, 2014). Le evidenze neuroscientifiche contemporanee suggeriscono che il pensiero creativo non possa essere ricondotto a un singolo "centro" cerebrale, ma debba essere interpretato come il risultato dell'interazione dinamica tra reti neurali distribuite, caratterizzate da elevata flessibilità funzionale. In questa prospettiva, la creatività emerge come una proprietà sistemica del cervello umano, strettamente legata alla sua capacità di integrare informazioni eterogenee, riorganizzare rappresentazioni mentali e adattarsi a contesti nuovi e complessi (Beaty et al., 2016; Benedek & Fink, 2019).

Un elemento centrale di questa visione è il superamento della dicotomia tra processi automatici e controllati. Sebbene alcuni aspetti della creatività coinvolgano processi spontanei, associativi e implicitamente guidati, altri richiedono forme sofisticate di controllo cognitivo, monitoraggio e valutazione. La letteratura più recente sottolinea come la creatività efficace dipenda non dall'assenza di controllo, ma dalla capacità di modulare flessibilmente il controllo cognitivo in funzione delle richieste del compito e della fase del processo creativo (Benedek et al., 2014; Zabelina & Andrews-Hanna, 2016). In tale quadro, particolare rilievo assumono le interazioni tra la *Default Mode Network* (DMN), l'*Executive Control Network* (ECN) e la *Salience Network* (SN). La DMN, tradizionalmente associata a stati di riposo e cognizione auto-riferita, è oggi riconosciuta come un sistema attivo nella simulazione mentale, nella generazione di scenari futuri e nella produzione di associazioni remote, tutte componenti fondamentali del pensiero creativo (Buckner et al., 2008; Beaty et al., 2014). Tuttavia, la sola attivazione della DMN non è sufficiente a spiegare la creatività: senza un adeguato contributo dei sistemi di controllo esecutivo, le idee generate rischiano di rimanere frammentarie o poco funzionali. L'ECN svolge infatti un ruolo cruciale nel mantenimento degli obiettivi, nella valutazione delle idee e nella loro ristrutturazione in funzione dei vincoli del compito. Studi di neuroimaging mostrano che individui con elevate capacità creative presentano una maggiore connettività funzionale tra DMN ed ECN, suggerendo che la creatività non derivi da una semplice “liberazione” dai vincoli cognitivi, ma da una cooperazione efficiente tra spontaneità e regolazione (Beaty et al., 2015; Benedek & Fink, 2019). La Salience Network, a sua volta, funge da sistema di

commutazione, consentendo il passaggio flessibile tra modalità cognitive interne ed esterne e facilitando l'emergere di insight creativi in risposta a stimoli rilevanti (Menon, 2011).

Un'ulteriore dimensione rilevante riguarda la temporalità dei processi creativi. Le neuroscienze suggeriscono che il pensiero creativo non si sviluppi in modo lineare, ma attraverso fasi che coinvolgono differenti configurazioni neurali nel tempo. Momentanei periodi di incubazione, caratterizzati da apparente inattività o distrazione, possono favorire riorganizzazioni cognitive profonde e facilitare la comparsa di soluzioni originali (Kounios & Beeman, 2014). Questo aspetto è particolarmente significativo in ambito educativo, dove i tempi dell'apprendimento sono spesso rigidamente strutturati. La variabilità individuale rappresenta un ulteriore elemento chiave. Studi strutturali e funzionali indicano che differenze nella connettività cerebrale, nella regolazione dopaminergica e nell'efficienza dei sistemi attentivi possono influenzare le modalità con cui il pensiero creativo si manifesta (Jung et al., 2013; Takeuchi et al., 2010). Ciò suggerisce che la creatività non segua un unico profilo neurocognitivo, ma possa emergere attraverso traiettorie diverse, coerenti con una prospettiva di neurodiversità.

Dal punto di vista neurochimico, il ruolo della dopamina nei processi creativi è stato ampiamente documentato, in particolare per quanto riguarda la motivazione intrinseca, l'esplorazione cognitiva e la flessibilità mentale (Ashby et al., 1999; Chermahini & Hommel, 2010). Tuttavia, la relazione tra dopamina e creatività non è lineare: livelli eccessivi o insufficienti di attivazione possono compromettere l'equilibrio tra esplorazione e controllo, evidenziando la necessità di

una regolazione fine dei sistemi neurobiologici coinvolti. Infine, è fondamentale adottare una postura epistemologica critica nei confronti delle neuroscienze della creatività. Come sottolineano diversi autori, il rischio di interpretazioni neuro-deterministiche o di semplificazioni eccessive rimane elevato, soprattutto quando le evidenze neuroscientifiche vengono trasferite in ambito educativo senza un'adeguata mediazione teorica (Howard-Jones, 2014). Le basi neurobiologiche del pensiero creativo devono pertanto essere intese non come spiegazioni esaustive, ma come livelli di analisi complementari, utili a informare – e non a prescrivere rigidamente – le pratiche educative.

Nel complesso, la prospettiva neurobiologica contemporanea restituisce un'immagine del pensiero creativo come fenomeno emergente, distribuito e sensibile al contesto, profondamente intrecciato con la plasticità cerebrale e la variabilità individuale. Questa visione apre spazi significativi per una didattica orientata alla valorizzazione dei processi, alla flessibilità cognitiva e alla progettazione di ambienti di apprendimento capaci di sostenere la complessità del funzionamento creativo.

## **Funzioni esecutive, attenzione e controllo cognitivo nel pensiero creativo**

Le funzioni esecutive costituiscono un insieme di processi cognitivi di alto livello che consentono la regolazione intenzionale del comportamento, del pensiero e dell'attenzione in funzione degli obiettivi. Tradizionalmente, esse includono tre componenti principali: inibizione, flessibilità cognitiva e memoria di lavoro (Miyake et al., 2000; Diamond, 2013). Sebbene tali funzioni siano spesso associate

a prestazioni scolastiche, autocontrollo e problem solving strutturato, un numero crescente di studi evidenzia il loro ruolo cruciale anche nei processi creativi, sfidando l'idea che la creatività sia incompatibile con il controllo cognitivo. L'inibizione consente di sopprimere risposte dominanti, automatiche o irrilevanti, permettendo l'accesso a rappresentazioni meno convenzionali. In ambito creativo, l'inibizione non opera semplicemente come meccanismo di soppressione, ma come strumento di selezione flessibile, che consente di sospendere temporaneamente le soluzioni più ovvie per esplorare alternative meno immediate (Benedek et al., 2014). Studi sperimentali mostrano che un'eccessiva rigidità inibitoria può ostacolare la generazione di idee originali, mentre una ridotta inibizione può favorire associazioni remote, a patto che sia accompagnata da adeguati processi di valutazione (Radel et al., 2015). La flessibilità cognitiva, intesa come capacità di cambiare prospettiva, strategia o set mentale, rappresenta una delle funzioni più strettamente connesse al pensiero creativo. Essa consente di ristrutturare i problemi, di passare da una rappresentazione all'altra e di integrare informazioni eterogenee. Numerose ricerche indicano che la flessibilità cognitiva predice significativamente le prestazioni nei compiti di pensiero divergente e di problem solving creativo (De Dreu et al., 2012; Zabelina et al., 2019). Dal punto di vista neurobiologico, tale funzione è supportata da circuiti fronto-parietali che consentono una rapida riconfigurazione delle reti neurali in risposta a nuove richieste cognitive. La memoria di lavoro, infine, svolge un ruolo fondamentale nel mantenimento e nella manipolazione delle informazioni durante il processo creativo. Essa permette di tenere attive simultaneamente più rappresentazioni, facilitando la combinazione

di elementi distanti e la valutazione progressiva delle idee generate. Studi recenti suggeriscono che la memoria di lavoro non agisca come semplice “contenitore”, ma come spazio dinamico di simulazione cognitiva, in cui le idee vengono esplorate, modificate e raffinate (Beaty & Silvia, 2012; Benedek et al., 2012).

La letteratura contemporanea ha progressivamente abbandonato l’opposizione dicotomica tra creatività e controllo cognitivo, introducendo il concetto di controllo flessibile (*flexible cognitive control*). Secondo questo approccio, la creatività non richiede l’assenza di controllo, bensì la capacità di modularne l’intensità e la direzione in funzione delle diverse fasi del processo creativo (Beaty et al., 2016; Chrysikou, 2019). Durante le fasi di ideazione, un controllo meno rigido può favorire l’emergere di associazioni inusuali e di pensiero divergente, mentre nelle fasi di valutazione e implementazione diventa necessario un maggiore coinvolgimento dei sistemi esecutivi per selezionare e sviluppare le idee più appropriate. Studi di neuroimaging mostrano che gli individui più creativi sono caratterizzati non da una minore attivazione delle funzioni esecutive, ma da una maggiore capacità di coordinare la Default Mode Network e l’Executive Control Network in modo dinamico e contestualmente adattivo (Beaty et al., 2015; Zabelina & Andrews-Hanna, 2016). Questa prospettiva consente di re-interpretare la creatività come competenza regolativa complessa, che implica la gestione dell’incertezza, la tolleranza dell’ambiguità e la capacità di sospendere temporaneamente criteri valutativi rigidi senza perderne completamente il controllo.

Un tema particolarmente rilevante riguarda il ruolo dell’attenzione e della cosiddetta distrazione funzionale nei processi creativi. Contrar-

iamamente alla visione tradizionale che associa l'attenzione focalizzata a prestazioni cognitive ottimali, numerosi studi suggeriscono che stati di attenzione diffusa o di *mind wandering* possano favorire l'insight creativo, soprattutto in compiti che richiedono ristrutturazione del problema (Smallwood & Schooler, 2015). Le ricerche di Kounios e Beeman (2014) indicano che l'insight creativo è spesso preceduto da una riduzione dell'attività nelle aree visive e attentive orientate all'esterno, accompagnata da una maggiore attivazione delle regioni associative temporali. Questo assetto attentivo consente l'emergere di connessioni non lineari e di riorganizzazioni cognitive profonde. La distrazione, in questo senso, non rappresenta necessariamente un deficit, ma può configurarsi come risorsa cognitiva, se inserita in un contesto che ne consenta la regolazione e l'integrazione.

Le considerazioni sulle funzioni esecutive e sull'attenzione assumono particolare rilevanza quando si analizzano profili neurodivergenti, come quelli associati all'ADHD e alla doppia eccezionalità (*twice exceptional*). L'ADHD è tradizionalmente descritto in termini di deficit nelle funzioni esecutive, in particolare nell'inibizione comportamentale, nella regolazione attentiva e nella memoria di lavoro (Barkley, 2015). Tuttavia, una crescente letteratura evidenzia come tali profili possano presentare anche punti di forza creativi, soprattutto in termini di originalità, pensiero divergente e capacità di generare associazioni remote (White & Shah, 2011; Abraham et al., 2016). In questa prospettiva, le difficoltà di controllo attentivo possono tradursi in una maggiore permeabilità cognitiva, che favorisce l'accesso a stimoli e idee non convenzionali. Nei profili *twice exceptional*, in cui coesistono plus-dotazione e neurodivergenza, la creatività può rappresentare un canale

privilegiato di espressione cognitiva, ma solo se il contesto educativo è in grado di riconoscere e sostenere tale complessità (Assouline et al., 2012; Foley-Nicpon et al., 2020). Queste evidenze suggeriscono la necessità di superare una lettura *deficit-oriented* delle funzioni esecutive, adottando una prospettiva differenziale e contestuale, che riconosca come differenti configurazioni di controllo cognitivo possano sostenere forme diverse di creatività. In ambito educativo, ciò implica progettare ambienti di apprendimento flessibili, capaci di valorizzare la variabilità attentiva e di offrire spazi di regolazione, piuttosto che di mera normalizzazione.

## **Emozioni, motivazione e sistemi neurochimici**

I processi creativi risultano profondamente intrecciati con la dimensione emotiva e motivazionale, che agisce come modulatore cruciale dell'esplorazione cognitiva e della flessibilità mentale. In particolare, il sistema dopaminergico mesocorticolimbico svolge un ruolo centrale nel sostenere comportamenti esplorativi orientati alla novità, all'incertezza e alla ricerca di possibilità alternative. La dopamina non opera esclusivamente come mediatore del piacere o della ricompensa immediata, ma contribuisce in modo significativo alla regolazione della curiosità epistemica, alla propensione al rischio cognitivo e alla tolleranza dell'ambiguità, tutte componenti essenziali del pensiero creativo (Bromberg-Martin, Matsumoto, & Hikosaka, 2010; Gruber, Gelman, & Ranganath, 2014). Studi sperimentali indicano che un'attivazione dopaminergica moderata favorisce la flessibilità cognitiva e la generazione di associazioni remote, mentre livelli eccessivi o insufficienti possono compromettere l'equilibrio tra esplorazione e controllo,

evidenziando una relazione non lineare tra neurochimica e creatività (Cools & D'Esposito, 2011; Chermahini & Hommel, 2010). Lo stato emotivo dell'individuo rappresenta un ulteriore fattore determinante. La letteratura mostra come le emozioni positive a bassa intensità — quali interesse, curiosità e piacere epistemico — amplino il campo attentivo e facilitino processi di pensiero flessibile e generativo, mentre stati emotivi caratterizzati da elevata minaccia o valutazione esterna tendono a restringere l'esplorazione cognitiva (Fredrickson, 2001; Isen, 2008). In questo senso, la curiosità si configura come un costrutto ponte tra emozione e cognizione, sostenuto da circuiti dopaminerigici che promuovono l'apprendimento auto-diretto e l'apertura all'esperienza. Ricerche neuroscientifiche recenti mostrano che la curiosità aumenta l'attività dell'ippocampo e ne potenzia l'interazione con il sistema di ricompensa, migliorando non solo la memorizzazione delle informazioni rilevanti, ma anche l'elaborazione creativa di contenuti apparentemente marginali (Gruber et al., 2014; Kang et al., 2009). Tale dinamica risulta particolarmente significativa in ambito educativo, dove l'apprendimento creativo richiede condizioni emotive che sostengano l'esplorazione piuttosto che la mera prestazione. In questa cornice, la motivazione intrinseca emerge come uno dei predittori più robusti della creatività. Secondo il modello componenziale di Amabile, la creatività è massimizzata quando l'attività è guidata da interesse, coinvolgimento personale e senso di autodeterminazione, piuttosto che da ricompense esterne o pressioni valutative (Amabile, 1996; Amabile & Pratt, 2016). Le neuroscienze motivazionali corroborano tale prospettiva, mostrando come la motivazione intrinseca sia associata a pattern di attivazione dopaminergica più stabili e autoregolati, che

favoriscono la persistenza nel compito e l'elaborazione profonda delle informazioni (Ryan & Deci, 2017). Al contrario, un'eccessiva enfasi su incentivi estrinseci può indurre una focalizzazione rigida sugli obiettivi immediati, riducendo la disponibilità cognitiva necessaria alla ristrutturazione creativa. Le implicazioni educative di queste evidenze risultano rilevanti. Un clima di apprendimento orientato al controllo, alla valutazione normativa e alla prestazione tende ad attivare sistemi motivazionali difensivi, limitando l'esplorazione cognitiva e l'espressione creativa. Al contrario, ambienti educativi che promuovono autonomia, sicurezza emotiva, curiosità e significatività del compito favoriscono l'attivazione di circuiti neurobiologici funzionali alla creatività, sostenendo la motivazione intrinseca e la disponibilità all'errore come parte integrante del processo di apprendimento (Beghetto, 2019; Hennessey, 2017). In questa prospettiva, la creatività non può essere concepita come una semplice abilità individuale, ma come un fenomeno emergente dall'interazione tra sistemi neurochimici, stati emotivi e contesti educativi, la cui qualità relazionale e motivazionale risulta determinante per il suo sviluppo.

## **Corpo, percezione ed embodied creativity**

Le prospettive *embodied* hanno contribuito a ridefinire la creatività come fenomeno che emerge dall'integrazione dinamica fra processi sensomotori, percettivi e cognitivi, superando l'idea di un pensiero creativo esclusivamente "interno" e disincarnato (Varela, Thompson, & Rosch, 1991; Clark, 2008). In tale cornice, l'integrazione sensomotoria non è soltanto una base di supporto della cognizione, ma una condizione che orienta l'accesso alle possibilità di azione offerte dall'am-

biente (*affordances*) e, quindi, il repertorio stesso delle trasformazioni creative disponibili (Gibson, 1979). Ne consegue che movimento, gesto e percezione multisensoriale non funzionano semplicemente come canali espressivi di idee già formate, ma come componenti generative del processo creativo: la manipolazione di oggetti, la disposizione nello spazio, l'uso di strumenti e l'interazione corporea con materiali producono feedback che ristrutturano progressivamente il problema e rendono "pensabili" soluzioni che, in assenza di azione, potrebbero non emergere (Kirsh, 2013; Malafouris, 2013). Le evidenze neuroscientifiche compatibili con questa prospettiva mostrano infatti che la comprensione e la simulazione dell'azione coinvolgono reti sensomotorie e associative in modo funzionalmente rilevante anche per attività cognitive complesse, suggerendo che i circuiti legati all'azione possano contribuire alla generazione e al raffinamento di nuove configurazioni ideative (Rizzolatti & Craighero, 2004). Tuttavia, l'apporto più fecondo dell'approccio *embodied*, soprattutto per un impianto educativo, risiede nel riconoscere la creatività come esperienza situata e interattiva, cioè come processo distribuito tra mente, corpo, artefatti e contesti sociali, anziché come prestazione individuale isolata. In questa prospettiva, le idee creative prendono forma attraverso traiettorie di coordinamento con l'ambiente fisico e culturale: gli artefatti non sono meri "supporti" ma componenti attive che partecipano alla costruzione del significato e alla stabilizzazione provvisoria delle intuizioni, mentre le pratiche collaborative e l'organizzazione materiale dell'attività contribuiscono a strutturare vincoli e opportunità che rendono possibile l'innovazione (Hutchins, 1995; Malafouris, 2013; Glăveanu, 2014). La creatività, dunque, può essere intesa come un

esito emergente di cicli di percezione–azione–valutazione che avvengono in contesti reali e in interazione con altri, dove i vincoli (spaziali, materiali, sociali) non rappresentano soltanto limiti, ma condizioni generative che orientano l'esplorazione e favoriscono riorganizzazioni inattese. Tale impostazione implica, sul piano didattico, che sostenere la creatività non significhi soltanto “insegnare strategie”, ma progettare ecologie di apprendimento ricche di *affordances*, possibilità manipolative e occasioni di co-costruzione, in cui l'idea possa maturare attraverso interazioni iterative con materiali, strumenti e interlocutori, rendendo il processo creativo osservabile, negoziabile e trasformabile nel tempo (Hutchins, 1995; Glăveanu, 2014; Kirsh, 2013).

## **Implicazioni didattiche dei modelli neurobiologici della creatività**

Le evidenze provenienti dalle neuroscienze cognitive suggeriscono che la creatività non possa essere efficacemente promossa attraverso interventi didattici isolati o meramente addestrativi, ma richieda la progettazione intenzionale di ambienti di apprendimento neurocompatibili, in grado di sostenere la flessibilità delle reti neurali coinvolte nei processi creativi. In questa prospettiva, il clima emotivo e motivazionale della classe assume un ruolo cruciale: contesti caratterizzati da sicurezza psicologica, tolleranza dell'errore e valorizzazione dell'esplorazione favoriscono l'attivazione di sistemi neurobiologici funzionali all'apprendimento creativo, mentre ambienti fortemente normativi e orientati alla prestazione tendono a inibire l'esplorazione cognitiva e il pensiero divergente (Immordino-Yang & Damasio, 2007; Beghetto, 2019). La neurocompatibilità degli ambienti educa-

tivi non va intesa in senso deterministico, ma come capacità di allineare pratiche, tempi e spazi scolastici ai principi di funzionamento del cervello, riconoscendo la variabilità interindividuale come risorsa e non come deviazione dalla norma (Howard-Jones, 2014). All'interno di tali ambienti, la didattica aperta, laboratoriale e problem-based si configura come particolarmente coerente con i modelli neurobiologici della creatività. Approcci basati su problemi autentici, compiti aperti e attività di progettazione consentono di integrare fasi di esplorazione divergente e momenti di controllo convergente, rispecchiando l'alternanza funzionale tra spontaneità e regolazione che caratterizza i processi creativi efficaci (Beaty et al., 2016; Sawyer, 2012). La dimensione laboratoriale, inoltre, favorisce l'apprendimento situato e l'interazione con materiali, strumenti e altri soggetti, sostenendo una creatività incarnata e distribuita che emerge dall'azione e dalla negoziazione di significati, piuttosto che dalla semplice riproduzione di contenuti (Glăveanu, 2014).

Un ulteriore nodo critico riguarda la valutazione della creatività, che rappresenta spesso uno dei principali fattori di tensione tra innovazione didattica e pratiche scolastiche tradizionali. Le evidenze neuroscientifiche e psicopedagogiche convergono nel suggerire che una valutazione centrata esclusivamente sul prodotto finale rischia di penalizzare i processi esplorativi, scoraggiando il rischio cognitivo e la sperimentazione (Amabile, 1996; Beghetto & Kaufman, 2014). Al contrario, approcci valutativi formativi e processuali, orientati all'osservazione delle strategie, della flessibilità e della capacità di ristrutturazione, risultano maggiormente coerenti con la natura dinamica e non lineare della creatività. La valutazione, in questa prospettiva, assume

una funzione regolativa e metacognitiva, sostenendo la consapevolezza del processo creativo e favorendo l'autoregolazione dell'apprendimento.

Infine, le connessioni tra modelli neurobiologici della creatività e Universal Design for Learning (UDL) risultano particolarmente feconde. I principi UDL, che promuovono la molteplicità dei mezzi di coinvolgimento, rappresentazione ed espressione, trovano un solido fondamento neuroscientifico nel riconoscimento della diversità dei profili cognitivi e motivazionali (CAST, 2018; Meyer, Rose, & Gordon, 2014). In un'ottica UDL, la creatività non è un obiettivo riservato a pochi, ma una dimensione trasversale dell'apprendimento, accessibile attraverso percorsi flessibili che consentono a ciascun soggetto di attivare le proprie risorse neurocognitive. Integrare la creatività in una progettazione didattica neurocompatibile e universalmente progettata significa, dunque, promuovere ambienti educativi capaci di sostenere l'esplorazione, la variabilità e la costruzione di significato, riconoscendo la complessità del funzionamento umano come fondamento, e non come ostacolo, dell'educazione contemporanea.

## Bibliografia

- Abraham, A., Windmann, S., McKenna, P., & Güntürkün, O. (2016). Creative thinking in schizophrenia and attention deficit hyperactivity disorder. *Personality and Individual Differences*, 99, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.04.062>
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in context*. Westview Press.
- Amabile, T. M., & Pratt, M. G. (2016). The dynamic componential model of creativity and innovation in organizations. *Research*

in *Organizational Behavior*, 36, 157–183. <https://doi.org/10.1016/j.riob.2016.10.001>

Ashby, F. G., Isen, A. M., & Turken, U. (1999). A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition. *Psychological Review*, 106(3), 529–550. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.106.3.529>

Assouline, S. G., Foley Nicpon, M., & Doobay, A. (2012). *The twice-exceptional dilemma*. Prufrock Press.

Barkley, R. A. (2015). *Attention-deficit hyperactivity disorder: A handbook for diagnosis and treatment* (4th ed.). Guilford Press.

Beaty, R. E., & Silvia, P. J. (2012). Why do ideas get more creative across time? *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6(4), 309–319. <https://doi.org/10.1037/a0029171>

Beaty, R. E., Benedek, M., Kaufman, S. B., & Silvia, P. J. (2015). Default and executive network coupling supports creative idea production. *Scientific Reports*, 5, 10964. <https://doi.org/10.1038/srep10964>

Beaty, R. E., Benedek, M., Silvia, P. J., & Schacter, D. L. (2016). Creative cognition and brain network dynamics. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(2), 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.12.004>

Beaty, R. E., Silvia, P. J., Nusbaum, E. C., Jauk, E., & Benedek, M. (2014). The roles of associative and executive processes in creative cognition. *Memory & Cognition*, 42(7), 1186–1197. <https://doi.org/10.3758/s13421-014-0428-8>

Beghetto, R. A. (2019). *Uncertainty, learning, and creativity: Teaching for creativity in uncertain times*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351213251>

Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2014). Classroom contexts for creativity. *High Ability Studies*, 25(1), 53–69. <https://doi.org/10.1080/13598139.2014.905247>

Benedek, M., & Fink, A. (2019). Toward a neurocognitive framework of creative cognition. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1037/aca0000196>

Benedek, M., Jauk, E., Sommer, M., Arendasy, M., & Neubauer, A. C. (2014). Intelligence, creativity, and cognitive control. *Intelligence*, 44, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.01.003>

Benedek, M., Bergner, S., Könen, T., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2012). To create or to recall? *NeuroImage*, 62(1), 178–186. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.031>

Bromberg-Martin, E. S., Matsumoto, M., & Hikosaka, O. (2010). Dopamine in motivational control. *Neuron*, 68(5), 815–834. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.11.022>

Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., & Schacter, D. L. (2008). The brain's default network. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 1–38. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.011>

CAST. (2018). *Universal Design for Learning guidelines version 2.2*. <http://udlguidelines.cast.org>

Chermahini, S. A., & Hommel, B. (2010). The (bivalent) role of dopamine in creativity. *Frontiers in Human Neuroscience*, 4, Article 56. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00056>

Chrysikou, E. G. (2019). Creativity in and out of (cognitive) control. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 27, 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2018.09.009>

Clark, A. (2008). *Supersizing the mind: Embodiment, action, and cognitive extension*. Oxford University Press.

Cools, R., & D'Esposito, M. (2011). Inverted-U-shaped dopamine actions. *Biological Psychiatry*, 69(12), e113–e125. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2011.03.028>

Corballis, M. C. (2014). Left brain, right brain: Facts and fantasies. *PLoS Biology*, 12(1), e1001767. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001767>

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

Dietrich, A. (2004). The cognitive neuroscience of creativity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(6), 1011–1026. <https://doi.org/10.3758/BF03196731>

Fink, A., & Benedek, M. (2014). EEG alpha power and creative ideation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 111–123. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.12.002>

Fredrickson, B. L. (2001). The broaden-and-build theory. *American Psychologist*, 56(3), 218–226. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.3.218>

Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.

Glăveanu, V. P. (2014). *Distributed creativity*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05434-6>

Gruber, M. J., Gelman, B. D., & Ranganath, C. (2014). Curiosity and learning. *Neuron*, 84(2), 486–496. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.08.060>

- Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5, 444–454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. McGraw-Hill.
- Hennessey, B. A. (2017). Intrinsic motivation and creativity. In J. C. Kaufman et al. (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* (pp. 409–425). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316979839.022>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817–824. <https://doi.org/10.1038/nrn3817>
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. MIT Press.
- Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x>
- Isen, A. M. (2008). Positive affect and problem solving. In M. Lewis et al. (Eds.), *Handbook of emotions* (3rd ed., pp. 548–573). Guilford Press.
- Jung, R. E., Mead, B. S., Carrasco, J., & Flores, R. A. (2013). The structure of creative cognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, Article 330. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00330>
- Kang, M. J., et al. (2009). Epistemic curiosity activates reward circuitry. *Psychological Science*, 20(8), 963–973. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02402.x>
- Kirsh, D. (2013). Embodied cognition and interaction design. *ACM TOCHI*, 20(1), Article 3. <https://doi.org/10.1145/2442106.2442109>

- Kounios, J., & Beeman, M. (2014). The neuroscience of insight. *Annual Review of Psychology*, 65, 71–93. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115154>
- Lubart, T. I. (2001). Models of the creative process. *Creativity Research Journal*, 13(3–4), 295–306. [https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1334\\_07](https://doi.org/10.1207/S15326934CRJ1334_07)
- Malafouris, L. (2013). *How things shape the mind*. MIT Press.
- Menon, V. (2011). Large-scale brain networks. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(10), 483–506. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.08.003>
- Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). *Universal Design for Learning: Theory and practice*. CAST.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of pre-frontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167–202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Miyake, A., et al. (2000). Unity and diversity of executive functions. *Cognitive Psychology*, 41, 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing.
- Raichle, M. E., et al. (2001). A default mode of brain function. *PNAS*, 98(2), 676–682. <https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.676>
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The standard definition of creativity. *Creativity Research Journal*, 24(1), 92–96. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092>

- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory*. Guilford Press.
- Sawyer, R. K. (2012). *Explaining creativity* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2015). Mind wandering. *Annual Review of Psychology*, 66, 487–518. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015331>
- Sternberg, R. J. (2006). The nature of creativity. *Creativity Research Journal*, 18(1), 87–98. [https://doi.org/10.1207/s15326934crj1801\\_10](https://doi.org/10.1207/s15326934crj1801_10)
- Sternberg, R. J., & Karami, S. (2021). Teaching for creativity. *Educational Psychology Review*, 33, 1–26. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09578-5>
- Takeuchi, H., et al. (2010). White matter structures and creativity. *NeuroImage*, 51(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.02.035>
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind*. MIT Press.
- White, H. A., & Shah, P. (2011). Creative style in adults with ADHD. *Personality and Individual Differences*, 50, 673–677. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.12.015>
- Zabelina, D. L., & Andrews-Hanna, J. R. (2016). Dynamic network interactions. *Cognitive Neuroscience*, 7(1–4), 86–93. <https://doi.org/10.1080/17588928.2015.1132620>
- Zabelina, D. L., Friedman, N. P., & Andrews-Hanna, J. R. (2019). Cognitive flexibility and creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 13(4), 459–469. <https://doi.org/10.1037/aca0000235>

## **Parte II**

### **Corpo, mente e tecnologia in relazione**



**ANNA MARIA MARIANI**

## Il corpo nell'era digitale

### Introduzione

La contemporaneità è caratterizzata da una profonda trasformazione nella relazione tra il corpo, la mente e i processi di apprendimento, mediata sempre più dall'integrazione delle tecnologie digitali negli ambienti educativi. Per decenni, la tradizionale concezione cartesiana del sapere ha relegato il corpo a un ruolo subordinato rispetto alla mente, concependo la conoscenza come un processo prevalentemente cognitivo e disincarnato (Damasio, 1994; Lakoff & Johnson, 1999). Tale paradigma ha strutturato le istituzioni scolastiche secondo un modello pedagogico che enfatizza la trasmissione di informazioni attraverso modalità principalmente verbali e simboliche, operando un'astrazione dalla ricchezza multisensoriale dell'esperienza umana. Tuttavia, negli ultimi decenni, l'evoluzione delle scienze cognitive, della neurobiologia e della ricerca educativa ha progressivamente disvelato come la cognizione sia profondamente radicata nell'interazione dinamica tra il corpo, l'ambiente circostante e i processi mentali. In questa prospettiva, la cognizione incarnata emerge non come una marginalità teorica,

ma come un elemento fondamentale per comprendere come avviene effettivamente l'apprendimento (Ali et al., 2023).

L'era digitale ha ulteriormente complicato e al contempo arricchito questo scenario. Se da un lato la proliferazione dei dispositivi tecnologici e delle interfacce digitali ha intensificato il rischio di un ulteriore allontanamento dal coinvolgimento diretto del corpo nel processo educativo, dall'altro le tecnologie immersive, quali la realtà virtuale, la realtà aumentata e le piattaforme interattive basate sul movimento, hanno aperto nuove frontiere per reinventare la relazione tra il corpo e l'apprendimento in ambienti tecnologicamente mediati (Macrine & Fugate, 2021). Il presente capitolo si propone di analizzare criticamente come la corporeità sia riarticolata nel contesto dell'educazione digitale contemporanea, esplorando tanto le opportunità quanto le sfide che emergono dall'integrazione intenzionale delle tecnologie immersive nei processi didattici multisensoriali.

## **Dalla disincarnazione all'embodiment: una genealogia del pensiero educativo**

Per comprendere pienamente la rilevanza contemporanea della cognizione incarnata, è imprescindibile ripercorrere brevemente come il corpo sia stato storicamente marginalizzato nei processi educativi formali. La struttura fisica delle scuole moderne, eredità del modello di istituzione sviluppato durante l'Illuminismo e formalizzato nel corso dell'Ottocento, riflette una concezione dello spazio e del tempo educativo profondamente coerente con il dualismo cartesiano. Gli studenti sono posizionati in posture statiche, spesso seduti a banchi individuali o piccoli gruppi, in ambienti caratterizzati da una separazione netta tra

il luogo di insegnamento e il mondo esterno (Parsons, 2015). La lezione frontale, ancora largamente prevalente nella pratica didattica contemporanea, privilegia il canale uditivo e la modalità di apprendimento visivo passivo, relegando il corpo a un ruolo puramente strumentale di trasporto della mente. Tale configurazione pedagogica ha prodotto diverse conseguenze problematiche. In primo luogo, ha generato una frattura ontologica tra i molteplici modi di conoscenza umana: mentre la riflessione astratta, il ragionamento simbolico e l'elaborazione verbale sono stati valorizzati come forme “nobili” di sapere, le forme di conoscenza mediate dal movimento, dal tatto, dall'interazione cinestesica con l'ambiente, e persino dalle emozioni, sono state relegate a uno status inferiore o esclusivamente ludico (Castro-Alonso et al., 2024). In secondo luogo, tale impostazione ha sistematicamente svantaggiato studenti la cui struttura cognitiva privilegia modalità sensoriali diverse da quelle canonicamente valorizzate nella scuola tradizionale, contribuendo all'amplificazione delle disuguaglianze educative e sociali. In terzo luogo, la disincarnazione dell'educazione ha contribuito a una progressiva disconnessione tra il sapere teorico e la sua applicazione concreta nei contesti vitali, riducendo la significatività e la ritenzione dell'apprendimento (Brown et al., 1989).

A partire dagli ultimi decenni del XX secolo, un convergente movimento scientifico e teorico, articolato attorno ai concetti di cognizione embodied, enactive cognition ha proposto una radicale rivisitazione di come concepiamo il rapporto tra mente, corpo e ambiente (Smith-Harvey & Aguayo, 2024). Gli studi neuroscientifici hanno documentato la profonda integrazione tra i sistemi sensoriomotori e le funzioni cognitive superiori. Particolarmente significativi sono stati i lavori sui

neuroni specchio e su come il movimento corporeo e la percezione del movimento in altri individui attivino i medesimi circuiti neurali implicati nella comprensione concettuale (Xu & Ke, 2020). Inoltre, la ricerca in psicologia cognitiva e nella linguistica ha dimostrato come persino la cognizione astratta sia radicata in metafore corporee e in esperienze sensoriomotorie primarie: pensiamo a come le strutture semantiche di concetti quali “comprensione” (letteralmente “prendere insieme”), “seguire un ragionamento” (movimento) o “affrontare un problema” (combattimento) siano intrinsecamente corporee (Ding et al., 2025).

In questo nuovo paradigma, il corpo è riconosciuto come un elemento costitutivo e dinamico della cognizione stessa. Le mani, gli arti, il sistema propriocettivo, il sistema vestibolare, e l'intero insieme dei sistemi sensoriali costituiscono l'interfaccia attraverso la quale la mente interagisce con il mondo, costruisce significato, e consolida memoria (Forte et al., 2023). Tale concezione ha profonde implicazioni per la teoria e la pratica educativa, suggerendo che apprendimenti più profondi, duraturi e significativi possono essere conseguiti quando gli studenti sono attivamente coinvolti nella manipolazione di oggetti, nella esecuzione di movimenti, e nel coinvolgimento multisensoriale diretto con i concetti che stanno apprendendo.

## **Le tecnologie immersive come riconfigurazione della corporeità educativa**

L'emergere delle tecnologie immersive nel panorama educativo contemporaneo non rappresenta una semplice aggiunta alle modalità tradizionali di insegnamento. Piuttosto, costituisce una riarticolazione

fondamentale di come la corporeità può essere esperita e attivata negli ambienti di apprendimento. La realtà virtuale (VR), la realtà aumentata (AR), e le tecnologie di *motion capture* consentono agli studenti di abitare spazi simbolici e concettuali attraverso il movimento del loro corpo, creando una forma di cognizione embodied che è simultaneamente radicata nel fisico e traslata nel digitale (Stalheim & Somby, 2024). Tale paradosso non è meramente tecnico, ma rappresenta una trasformazione qualitativa nella fenomenologia educativa. Nel contesto della realtà virtuale immersiva, lo studente non è semplicemente un osservatore passivo di rappresentazioni schematiche, ma un agente che esplora, manipola e negozia significati all'interno di ambienti tridimensionali. Quando uno studente, equipaggiato di un visore VR e di controller dotati di sensori di movimento, interagisce con una replica digitale di una molecola complessa, il suo corpo compie gesti di manipolazione tridimensionale che catalizzano una comprensione spaziale qualitativamente diversa rispetto a quella che potrebbe emergere dall'osservazione di un modello bidimensionale su uno schermo convenzionale (Chatain et al., 2023). Il movimento del braccio nello spazio virtuale, la rotazione della molecola, la valutazione della sua conformazione spaziale attraverso il feedback tattile e visivo, e l'integrazione di queste molteplici informazioni sensoriali in una rappresentazione mentale coerente costituiscono un processo di apprendimento che è intrinsecamente e simultaneamente corporeo e cognitivo (Johnson-Glenberg, 2018).

Analogamente, l'uso di dispositivi di *motion capture* consente di trasformare i movimenti corporei dell'alunno in input che generano trasformazioni nell'ambiente digitale, creando un ciclo di feedback

diretto tra l’azione fisica e la conseguenza digitale. Studi recenti hanno documentato come tale configurazione sia particolarmente efficace nell’insegnamento di concetti che posseggono una dimensione spaziale e motoria intrinseca. Nel caso dell’educazione matematica, ad esempio, l’uso di ambienti VR in cui gli studenti manipolano forme geometriche tridimensionali attraverso il movimento corporeo ha generato miglioramenti significativi nella capacità di visualizzazione mentale e nella ritenzione a lungo termine dei concetti geometrici, paragonabili e talvolta superiori a quelli prodotti da metodi di insegnamento tradizionali (Yu & Denham, 2023).

Un elemento fondamentale che distingue l’esperienza educativa in ambienti immersivi dalla fruizione di contenuti digitali tradizionali è il fenomeno della presenza, ovvero la sensazione soggettiva di trovarsi effettivamente all’interno dello spazio rappresentato digitalmente, piuttosto che di osservarlo da una distanza mediale (Kilteni et al., 2012). Quando la presenza è elevata, l’esperienza dell’apprendente assume caratteristiche più vicine a quelle di un’interazione diretta con l’ambiente, piuttosto che a quella di un’osservazione di una rappresentazione (Oh et al., 2018). Tale stato psicofisico ha profonde implicazioni per l’apprendimento: *l’engagement* emotivo è amplificato, la ritenzione della memoria è potenziata, e la motivazione intrinseca è favorita (Makransky & Petersen, 2021).

Strettamente correlato a tale fenomeno è il concetto di “*agency*”, ovvero la sensazione di controllo e di causalità nell’ambiente digitale. Quando lo studente percepisce che le sue azioni producono conseguenze dirette e significative nello spazio virtuale, il suo senso di auto-efficacia è incrementato, e la sua disponibilità ad impegnarsi cogni-

tivamente nel compito di apprendimento è potenziata (Makransky et al., 2019). In tal modo, le tecnologie immersive non sono meramente strumenti di rappresentazione contenutistica, ma intermediari che ri-configurano la fenomenologia dello spazio educativo in modo da facilitare una forma di apprendimento che è simultaneamente cognitivo e affettivo, razionale e emozionale.

## **Multisensorietà, percezione corporea e ambienti virtuali di apprendimento**

Sebbene le tecnologie immersive abbiano radicalmente ampliato le possibilità di coinvolgimento corporeo negli ambienti educativi, persiste una questione teorica cruciale: in quale misura tali ambienti possono effettivamente replicare, trasformare o potenziare la ricchezza multisensoriale dell'esperienza diretta? Le attuali tecnologie di realtà virtuale risultano particolarmente efficaci nel fornire stimoli visivi e, in misura crescente, uditivi, ma rimangono ancora limitate nella capacità di generare input tattili, propriocettivi e chimici (olfattivi) sufficientemente sofisticati da eguagliare l'esperienza sensoriale naturale (Gu et al., 2025). Questa parzialità non implica tuttavia una semplice perdita di corporeità, quanto piuttosto una riorganizzazione dell'esperienza percettiva, in cui alcuni canali vengono amplificati e altri simulati o attenuati.

Tuttavia, ricerche recenti hanno iniziato a esplorare come anche la parziale integrazione di ulteriori modalità sensoriali possa arricchire significativamente l'esperienza di apprendimento. Ad esempio, studi sperimentali hanno indagato gli effetti dell'integrazione di feedback tattile negli ambienti VR educativi, verificando che la presenza è in-

rementata e la profondità della comprensione è potenziata quando l’alunno può percepire il contatto fisico con gli oggetti virtuali, anche se simulato attraverso vibrazioni tattili controllate (Radianti et al., 2020). Ulteriormente, la ricerca sulla percezione multisensoriale ha documentato fenomeni di integrazione e potenziamento sensoriale, per cui l’attivazione simultanea di più canali sensoriali produce effetti sulla percezione e sulla cognizione che non sono semplicemente additivi, ma sinergici: il tutto è superiore alla somma delle sue parti (Ritonga et al., 2025).

Uno dei domini in cui la ricerca empirica ha più chiaramente documentato i benefici della didattica embodied mediata da tecnologia è quello dell’educazione matematica, particolarmente per quanto concerne l’apprendimento di concetti con dimensioni spaziali significative. Studi sperimentali hanno confrontato il rendimento di studenti che hanno appreso concetti di geometria tridimensionale attraverso metodologie tradizionali (lezione frontale con dimostrazioni bidimensionali) con il rendimento di studenti che hanno interagito con ambienti VR in cui potevano manipolare le forme geometriche nello spazio tridimensionale attraverso il movimento corporeo (Tran et al., 2017).

I risultati hanno coerentemente documentato che il gruppo che ha esperito apprendimento embodied in ambiente VR ha raggiunto livelli di comprensione significativamente superiori sia in termini di immediata applicazione concettuale sia di ritenzione a lungo termine, ove il vantaggio del gruppo VR persisteva a mesi di distanza dall’intervento (Wei et al., 2023). Inoltre, tale vantaggio era particolarmente pronunciato nei sottogruppi di studenti che presentavano difficoltà iniziali di visualizzazione spaziale, suggerendo che la modalità embodied di

apprendimento potesse fungere da ponte cognitivo particolarmente efficace per quegli studenti per i quali la rappresentazione puramente astratta e simbolica costituiva un ostacolo.

Un secondo ambito di ricerca particolarmente ricco riguarda l'efficacia della didattica embodied nel contesto dell'acquisizione linguistica e della comunicazione interculturale. Gli ambienti immersivi che consentono agli studenti di interagire con avatar controllati da insegnanti o da intelligenza artificiale in contesti simulati di comunicazione reale, come negozi, uffici, hanno dimostrato di favorire una forma di apprendimento linguistico che è simultaneamente comunicativamente autentico e protetto da errori (Sadigzade, 2025). Gli studenti possono praticare espressioni linguistiche, negoziare significati, e ricevere feedback in tempo reale in un contesto in cui gli errori sono naturali e non generano le medesime conseguenze socio-emotive negative che potrebbero emergere in un'interazione in lingua autentica con parlanti nativi.

Particolarmente significativi sono anche i risultati documentati per l'educazione di studenti con bisogni educativi speciali e disabilità. Gli ambienti immersivi personalizzabili consentono di adattare il livello di stimolazione sensoriale, la velocità di presentazione del contenuto, e il tipo di feedback fornito agli studenti in modo differenziato rispetto alle loro esigenze specifiche (Akande et al., 2025). Per studenti con disturbo dello spettro autistico, ad esempio, la possibilità di controllare precisa mente il livello di stimolazione sensoriale—e in particolare di attenuare i livelli di stimolazione “caotici” spesso associati agli ambienti scolastici tradizionali—ha dimostrato di favorire una riduzione

dell'ansia e un incremento dell'engagement nel compito didattico (Videla-Reyes et al., 2025).

## Prospettive per una corporeità educativa consapevole nell'era digitale

Nonostante i risultati promettenti documentati dalla ricerca empirica sull'efficacia della didattica embodied mediata da tecnologie immersive, l'adozione di ambienti di apprendimento multisensoriali digitali solleva una serie di criticità che rendono necessaria una riflessione teorica e pedagogica approfondita. Tali criticità non rappresentano semplicemente ostacoli tecnici da superare, ma interrogativi strutturali che riguardano l'equità, la natura stessa dell'esperienza corporea mediata e il futuro dell'educazione in contesti sempre più tecnicologicamente complessi.

Un primo nodo cruciale riguarda l'accesso equitativo alle tecnologie immersive. La diffusione di dispositivi VR e AR di qualità rimane fortemente diseguale, sia a livello globale sia all'interno dei singoli sistemi educativi, contribuendo a riprodurre e talvolta ad amplificare il digital divide esistente (Azahari, 2025). Tale divario non si limita alla disponibilità di hardware, ma coinvolge infrastrutture di connettività, accesso a software educativi adeguati e, soprattutto, la formazione pedagogica e tecnologica degli insegnanti (Afdal, 2025; Anggraini et al., 2025). In assenza di una progettazione didattica consapevole, la tecnologia rischia di essere introdotta come semplice sovrastruttura, senza generare un reale valore educativo e, in alcuni casi, producendo distrazione o un uso inefficiente del tempo didattico.

Accanto a queste criticità strutturali emergono questioni di natura epistemologica più profonde, che interrogano il significato stesso di corporeità negli ambienti digitali. In quale misura l’interazione mediata da controller, visori e avatar può essere considerata una forma autentica di esperienza corporea? Sebbene numerosi studi mostrino che l’apprendimento embodied in ambienti virtuali possa produrre esiti paragonabili o superiori a quelli basati sull’interazione con oggetti fisici, rimane aperta la questione se tali effetti siano riconducibili a una reale incarnazione della cognizione nello spazio digitale o se siano parzialmente spiegabili da fattori quali l’effetto novità, l’elevato coinvolgimento emotivo o il potenziamento motivazionale associato alle tecnologie immersive (Fester-Seeger, 2024). Da un punto di vista teorico, tali criticità possono essere comprese alla luce dei modelli di cognizione incarnata, enattiva e situata, che concepiscono la percezione non come una mera ricezione passiva di stimoli, ma come un processo attivo di co-costruzione tra organismo e ambiente. In questa prospettiva, il corpo non si limita a “interagire” con l’ambiente, ma ne costituisce una condizione strutturale di possibilità, orientando l’azione, la percezione e la costruzione del significato (Varela, Thompson & Rosch, 1991; Gallagher, 2005; Barrett & Stout, 2024). Applicata agli ambienti virtuali, tale cornice teorica suggerisce che la qualità dell’esperienza corporea mediata non dipenda tanto dalla fedeltà sensoriale dell’ambiente digitale, quanto dalla coerenza funzionale tra azione, feedback percettivo e risposta del sistema. La multisensorialità virtuale si configura quindi come una forma di esperienza percettiva riorganizzata, nella quale alcuni canali sensoriali (in particolare visivo e uditivo) risultano amplificati, mentre altri (tatto, propriocezione

complessa, olfatto) sono simulati o parzialmente assenti. Tuttavia, la ricerca sulla integrazione multisensoriale mostra che l'esperienza percettiva non è riducibile alla somma dei singoli input sensoriali, ma emerge dall'integrazione dinamica e temporale delle informazioni disponibili (Shams & Seitz, 2008; Stein & Stanford, 2008). In questo senso, anche ambienti sensorialmente incompleti possono sostenere esperienze incarnate significative, a condizione che l'organizzazione percettiva risulti coerente e funzionalmente orientata all'azione.

Se l'esperienza corporea mediata può essere letta come una riorganizzazione della percezione incarnata, restano aperti interrogativi che emergono con maggiore forza quando l'esperienza è condivisa. Negli ambienti immersivi, la presenza dell'altro è spesso mediata da avatar che rappresentano solo parzialmente il corpo reale. Ciò solleva interrogativi sulla qualità della copresenza, sulla costruzione della relazione educativa e sulla possibilità di sviluppare un senso di comunità di apprendimento autentica in contesti digitali (Fester-Seeger, 2024). Tali questioni assumono particolare rilevanza nel contesto post-pandemico, in cui le modalità di apprendimento ibride e online sono divenute strutturalmente integrate nei sistemi educativi.

All'interno di questo quadro critico si collocano anche le prospettive future di sviluppo, che vedono nell'integrazione tra tecnologie immersive e sistemi di intelligenza artificiale uno degli scenari più promettenti. L'utilizzo di algoritmi adattivi, sistemi di feedback intelligente e avatar potenziati da linguaggi naturali potrebbe consentire una personalizzazione dinamica dell'esperienza di apprendimento, calibrata in tempo reale sulle caratteristiche corporee, cognitive ed emotive dello studente (Cosentino et al., 2025). Tuttavia, tali sviluppi

sollevano a loro volta questioni etiche rilevanti, legate alla privacy dei dati, al rischio di bias algoritmico e alla necessità di preservare forme di interazione umana autentica all'interno dei processi educativi (Goldshtain et al., 2025).

In questa prospettiva, il futuro della didattica multisensoriale mediata da tecnologia non può essere ridotto a un mero avanzamento tecnico, ma richiede una rielaborazione consapevole della relazione tra corpo, mente e ambiente di apprendimento. Ciò implica lo sviluppo di una pedagogia della corporeità integrata, capace di riconoscere il corpo come dimensione co-costitutiva della conoscenza e di progettare ambienti, fisici e digitali, in cui l'azione significativa, l'integrazione multisensoriale e la relazione educativa siano principi fondanti e non elementi accessori (Briedis & Navarro, 2024).

Una tale pedagogia deve inoltre assumere una prospettiva inclusiva, riconoscendo che non tutti i corpi abitano gli ambienti educativi con le stesse opportunità e che la multisensorialità, se non progettata con attenzione, può trasformarsi in una nuova forma di esclusione. Garantire che le possibilità di coinvolgimento corporeo siano accessibili, modulabili e significative per tutti gli studenti rappresenta quindi una condizione imprescindibile per una didattica embodied autenticamente orientata alla giustizia educativa (Akande et al., 2025).

Assunta nella sua complessità, l'esperienza corporea e multisensoriale mediata consente di interpretare gli ambienti virtuali di apprendimento non come semplici surrogati dell'esperienza fisica, ma come ecologie percettive alternative, dotate di proprie regole, possibilità e vincoli. La sfida pedagogica non consiste, quindi, nel replicare fedelmente il mondo reale, bensì nel progettare ambienti multisensoriali

capaci di sostenere forme di esperienza incarnata intenzionalmente orientate all'apprendimento, alla relazione e alla costruzione condivisa di significato. In tale prospettiva, il corpo non perde centralità negli ambienti digitali, ma diviene il fulcro attraverso cui la tecnologia può trasformarsi da strumento di mediazione a spazio educativo autentico, capace di integrare percezione, azione e cognizione in modo eticamente responsabile e pedagogicamente significativo.

## Bibliografia

- Afdal, M. (2025). Implementing Digital Technology in Learning in the Digital Era: Challenges and Opportunities for Teachers. *Etic* (education and social science journal), 2(5):401-409, <https://doi.org/10.64924/cwz8e155>
- Akande, F. O., Koranteng, U., Mensah, D., Mensah, T. K., & Awah, L. C. (2025). Technology-Supported Inclusive Education: A Systematic Review of Digital Accessibility and Universal Design for Learning. *Asian Journal of Current Research.* 10(4):320-333. <https://doi.org/10.56557/ajocr/2025/v10i49950>
- Ali, L., Sorrentino, C., Vivona, A., & Martiniello, L. (2023). Bridging the gap between the body and the machine: Embodied learning with interventional brain computer interfaces. *Sport Mont*, 21(3), 85-97. <https://doi.org/10.26773/smj.231017>
- Anggraini, F. N., Maksum, M. N. R., Azani, M. Z., Azzahrowaini, L., Jihad, F. A., & Fauzan, S. (2025). Teacher Readiness and Strategy in the Implementation of Digital Pedagogy in 21st Century Education. *ICEETE Conference Series*, 3(1), 148-156. <https://doi.org/10.36728/iceete.v3i1.240>

Azahari, A. R., Haridison, A. (2025). Harnessing Digital Technology for Contextual Learning of Local Social Issues: A Systematic Literature Review. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 15, 3. <https://doi.org/10.23960/jpp.v15i3.pp1518-1542>

Barrett, L. F., & Stout, D. (2024). Minds in movement: Embodied cognition in the age of artificial intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 379(1914), 20230144. <https://doi.org/10.1098/rstb.2023.0144>

Briedis, M., & Navarro, M. (2024). Conceptual problems with disembodied cognition in learning environment(s) and the alternative of embodied creativity. *Creativity Studies*, 17(1), 244–253. <https://doi.org/10.3846/cs.2024.20755>

Brown, J. S., Collins, A., Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42. <https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>

Castro-Alonso, J., Ayres, P., Zhang, S., de Koning, B. B., & Paas, F. (2024). Research avenues supporting embodied cognition in learning and instruction. *Educational Psychology Review*, 36(10). <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09847-4>

Chatain, J., Kapur, M., Sumner, R. (2023). Three perspectives on embodied learning in virtual reality: Opportunities for interaction design. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Article No.: 281, Pages 1-8 <https://doi.org/10.1145/3544549.3585805>

Cosentino, G., Anton, J., Sharma, K., Gelsomini, M., Giannakos, M. N., Abrahamson, D. (2025). Generative AI and multimodal data

for educational feedback: Insights from embodied math learning. *British Journal of Educational Technology*, 56, 5. <https://doi.org/10.1111/bjet.13587>

Damasio, A. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. G. P. Putnam's Sons.

Ding, Y., Huimin, L., Guo, D., Li, L. (2025). Empirical study on the embodied cognition effect of AI educational tools: The relationship between learners' physical engagement and deep learning outcomes. In *Proceedings of the 2025 IEEE International Conference on Digital Education & Learning* (pp. 1-8). <https://doi.org/10.1109/IC-DEL65868.2025.11193579>

Fester-Seeger, MT. (2025). Human presencing: an alternative perspective on human embodiment and its implications for technology. *AI & Soc* 40, 385–403. <https://doi.org/10.1007/s00146-024-01874-7>

Forte, P., Pugliese, E., Ambretti, A., D'Anna, C. (2023). Physical education and embodied learning: A review. *Sport Mont*, 21(3), 85-97. <https://doi.org/10.26773/smj.231020>

Gallagher, S. (2005). How the body shapes the mind. Oxford University Press.

Goldshtain, M., Schroeder, N. L., & Chiou, E. K. (2025). The role of learner trust in generative artificially intelligent learning environments. . <https://doi.org/10.1002/jee.70000>

Gu, T., Li, W., Qian, L. (2025). Beyond Visuals and Audio: The Role of Olfactory Feedback in Enhancing Immersive Learning Experiences and Reducing Cognitive Load. *2025 7th International Conference on Computer Science and Technologies in Education (CSTE)*, 681-685.

Johnson-Glenberg, M. C. (2018). Immersive VR and Education: Embodied Design Principles That Include Gesture and Hand Controls. *Front. Robot. AI, Sec. Virtual Environments*, 5. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00081>

Kilteni, K., Grotens, R., Slater, M. (2012). The sense of embodiment in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(4), 373-387. [https://doi.org/10.1162/PRES\\_a\\_00124](https://doi.org/10.1162/PRES_a_00124)

Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to Western thought*. Basic Books.

Macrine, S. L., Fugate, J. M. B. (2021). Translating embodied cognition for embodied learning in the classroom. *Frontiers in Education*, 6, 712626. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.712626>

Makransky, G., Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33, 937-958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>

Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236.

<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>

Oh, C. S., Bailenson, J. N., & Welch, G. (2018). A Systematic Review of Social Presence: Definition, Antecedents, and Implications. *Front. Robot. AI, Sec. Virtual Environments*, 5. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00114>

Parsons, T. D. (2015). Virtual reality for enhanced ecological validity and experimental control in the clinical, affective and social

neurosciences. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 660. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00660>

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgemant, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education : Design elements, lessons learned, and research agenda, *Computers & Education*, 147, DOI:10.1016/j.compedu.2019.103778.

Ritonga, A. R., Lahmi, A., Hakim, R., & Dahlan, D. (2025). Optimizing learning environments through the lens of neuroscience: A study on the role of emotion, motivation, and brain plasticity. *Education Global*, 6(1), 2183. <https://doi.org/10.56874/eduglobal.v6i1.2183>

Sadigzade, Z. (2025). Immersive and gamified approaches: VR/AR in language learning. Port University Journal of Learning & Technology, 1, 6, <https://doi.org/10.69760/portuni.0106002>

Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.006>

Smith-Harvey, J., & Aguayo, C. (2024). Modes of Meaning : Multimodal Media & 4E+ Cognition in Tech-Enhanced Learning. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*, 6(1), 10-11. <https://doi.org/10.24135/pjtel.v6i1.181>

Stalheim, O.R., Somby, H.M. (2024). An embodied perspective on an augmented reality game in school: pupil's bodily experience toward learning. *Smart Learn. Environ.* 11, 24. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00308-7>

Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: Current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 255–266. <https://doi.org/10.1038/nrn2331>

Tran, C., Smith, B. & Buschkuehl, M. (2017). Support of mathematical thinking through embodied cognition: Nondigital and digital approaches. *Cogn. Research* 2, 16. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0053-8>

Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. MIT Press.

Videla-Reyes, R., Chávez, M., Ibáñez, D., González, M. J., & Jorquera, D. (2025). 3E pedagogy through XR. *Pacific Journal of Technology Enhanced Learning*, 7(2), 218. <https://doi.org/10.24135/pjtel.v7i2.218>

Wei, H., Bos, R., & Drijvers, P. (2023). An Embodied Approach to Abstract Functional Thinking Using Digital Technology: A Systematic Literature Review. *The International Journal for Technology in Mathematics Education*, 30, 2, 75-94. [https://doi.org/10.1564/tme\\_v30.2.2](https://doi.org/10.1564/tme_v30.2.2)

Xu, X., & Ke, F. (2020). Embodied interaction: Learning Chinese characters through body movements. *Language, Learning and Technology*, 24(3):136-159 DOI:10.64152/10125/44744

Yu, J., & Denham, A. R. (2023). Utilizing augmented reality for embodied mental rotation training: A learning analytics study. *British Journal of Educational Technology*, 55, 2, 499-518, <https://doi.org/10.1111/bjet.13397>



## LUNA LEMBO

### Tecnologia come estensione cognitiva

*«La mente umana, se deve essere intesa come l'organo fisico della ragione, semplicemente non può essere vista come vincolata [bounded] all'involucro biologico. Di fatto essa non è mai stata soggetta a simili vincoli o restrizioni, almeno sin da quando fu pronunciata la prima parola dotata di significato in qualche pianura ancestrale. Ma questo antico inizio ha acquistato progressivamente energia con l'avvento dei testi, dei PC, degli agenti software, delle abitazioni e degli ambienti di lavoro capaci di adattarsi agli utenti.»*  
(Clark 2004).

Nel mondo contemporaneo, caratterizzato da una costante interconnessione tra persone, informazioni e dispositivi, la relazione tra

mente e tecnologia assume un significato sempre più centrale. L'essere umano vive immerso in un ambiente cognitivo complesso, nel quale strumenti materiali, linguaggi simbolici e artefatti digitali partecipano attivamente ai processi di conoscenza e di costruzione del pensiero (Dror et al., 2008). La tecnologia, lungi dall'essere un semplice strumento di supporto, è divenuta parte integrante delle modalità con cui pensiamo, apprendiamo e interagiamo con la realtà. Questa condizione sollecita una profonda riflessione sul modo in cui la mente si struttura, si estende e si trasforma all'interno di un ecosistema cognitivo sempre più ibrido e interconnesso.

Nel contesto di questa trasformazione cognitiva, Marc Prensky (2010) introduce la figura dell’“*Homo sapiens digital*”, sottolineando come la relazione tra essere umano e tecnologia non si limiti più a una questione di competenza tecnica, ma diventi una vera e propria evoluzione cognitiva e culturale. Secondo l'autore, l'avvento delle tecnologie digitali ha generato un cambiamento profondo nei modi di pensare, apprendere e relazionarsi, fino a delineare due grandi categorie simboliche: quella degli “immigrati digitali”, che hanno dovuto adattarsi all'uso delle nuove tecnologie, e quella dei “nativi digitali”, che sono cresciuti all'interno di esse e le percepiscono come parte naturale del proprio ambiente cognitivo.

Prensky (2010) evidenzia tuttavia che la distinzione tra queste due categorie è ormai superata dall'emergere di una nuova forma di intelligenza, definita “saggezza digitale” (*digital wisdom*), che rappresenta la capacità di utilizzare in modo critico, consapevole ed etico le tecnologie per ampliare le proprie facoltà cognitive e decisionali. In questa prospettiva, la tecnologia non è soltanto un'estensione della mente,

ma diventa un fattore trasformativo della stessa intelligenza umana, un mezzo attraverso cui potenziare la capacità di giudizio, di risoluzione dei problemi e di partecipazione alla vita sociale e culturale.

L’“*Homo sapiens digital*” incarna dunque una nuova fase dell’evoluzione cognitiva, in cui la mente umana e la mente tecnologica cooperano in una dimensione di integrazione simbiotica. Tale condizione richiede una riflessione pedagogica profonda, orientata a sviluppare nei soggetti la capacità di abitare consapevolmente l’ambiente digitale, trasformando le tecnologie in strumenti di crescita, di pensiero critico e di partecipazione inclusiva.

A partire da tali premesse, la teoria della mente estesa offre un quadro concettuale utile per comprendere la natura distribuita della cognizione e il ruolo che la tecnologia assume come prolungamento delle facoltà mentali umane. Essa invita a considerare la mente non come un sistema isolato, ma come un insieme dinamico di relazioni tra individuo, corpo, ambiente e strumenti. In questo senso, il confine tra ciò che è “interno” e ciò che è “esterno” al soggetto diventa permeabile, e le tecnologie che utilizziamo quotidianamente, dai semplici strumenti ai più complessi sistemi digitali, possono essere viste come estensioni cognitive che modificano e ampliano le nostre capacità di percezione, memoria, decisione e apprendimento. La mente si estende oltre i confini del corpo nel senso che, in molti casi, per eseguire un compito cognitivo ci si avvale di supporti esterni, strumenti materiali, tecnologie, simboli o relazioni sociali, che svolgono un ruolo determinante nei processi di pensiero e di azione. In questa prospettiva, la mente non è più concepita come un’entità chiusa all’interno del cervello o del corpo dell’individuo, ma come un siste-

ma distribuito che include anche gli elementi dell'ambiente con cui interagiamo. Ogni volta che si utilizza un dispositivo, un quaderno, una mappa o un software per risolvere un problema, memorizzare informazioni o prendere decisioni, parte del processo cognitivo viene esternalizzato. Tali strumenti non sono meri ausili passivi, ma componenti funzionali del sistema mentale: estendono la memoria, ampliano la percezione e potenziano la capacità di elaborazione delle informazioni. Come sostengono Clark e Chalmers (1998), la mente può essere vista come un *“sistema ibrido”*, in cui cervello, corpo e ambiente operano insieme in un circuito continuo di interazione. Questa prospettiva mette radicalmente in discussione il modello cartesiano tradizionale, secondo cui la mente coincide con l'interiorità del soggetto e con le sue rappresentazioni mentali interne (Ferrini, 2015). La teoria della mente estesa propone invece un paradigma post-dualistico, in cui la cognizione è situata, incarnata e relazionale: essa emerge dal dialogo costante tra organismo e ambiente, tra individuo e mondo. Dal punto di vista pedagogico e inclusivo, ciò implica che gli strumenti tecnologici e comunicativi non siano più considerati semplici mezzi esterni, ma veri e propri prolungamenti cognitivi e mediatori dell'esperienza. La prospettiva della mente estesa, proposta da Clark e Chalmers (1998), suggerisce infatti che i processi mentali non si esauriscono all'interno del cervello, ma si distribuiscono tra mente, corpo e ambiente, includendo anche gli artefatti materiali e simbolici con cui interagiamo. In questa visione, la tecnologia non è un elemento aggiuntivo alla cognizione, ma parte integrante del sistema cognitivo stesso: strumenti come taccuini, computer o dispositivi mobili diventano componenti

attive della mente che ne estendono le capacità di memoria, percezione, calcolo e decisione.

L'essere umano, sin dalle origini, ha costruito artefatti che ampliano le sue possibilità di azione e di pensiero; ciò che oggi cambia è la pervasività e la velocità con cui le tecnologie digitali si integrano nei processi cognitivi. Come sottolinea Floridi (2014), viviamo in un "infosfera" in cui l'uomo e la tecnologia formano un sistema ibrido, in continua interazione. Questa condizione modifica il modo stesso di apprendere, comunicare e costruire conoscenza, dando origine a un'intelligenza distribuita e situata. L'apprendimento, pertanto, non è più un'attività confinata all'individuo, ma un processo co-costruito tra soggetto, ambiente e strumenti culturali.

In ambito pedagogico, tale prospettiva si traduce nella necessità di ripensare il rapporto tra educazione, mente e tecnologia. La scuola, intesa come ecosistema cognitivo esteso, deve promuovere un apprendimento attivo e mediato, in cui gli strumenti digitali fungano da ponti cognitivi e non da barriere. Secondo Vygotskij (1990), lo sviluppo del pensiero si realizza attraverso strumenti di mediazione simbolica; in continuità con questa visione, le tecnologie digitali contemporanee possono essere considerate nuove forme di mediazione culturale che amplificano le funzioni psicologiche superiori. Il sapere non è dunque trasmesso in modo lineare, ma costruito attraverso interazioni e mediazioni, che stimolano la riflessione metacognitiva e la creatività.

Dal punto di vista dell'inclusione, la teoria della mente estesa offre una base teorica solida per interpretare la tecnologia come dispositivo abilitante. Gli strumenti digitali possono agire come protesi cognitive (Clark, 2004), permettendo a persone con disabilità o difficoltà

di apprendimento di partecipare pienamente ai processi educativi. Le tecnologie assistive, gli ambienti di realtà aumentata o gli strumenti di comunicazione alternativa e aumentativa diventano parte integrante delle capacità cognitive e relazionali dei soggetti, restituendo autonomia e senso di appartenenza. In questa prospettiva, l'inclusione non è più solo compensazione o adattamento, ma riconfigurazione dei processi cognitivi attraverso un dialogo continuo tra individuo e ambiente tecnologico.

Concepire la tecnologia come estensione cognitiva significa, infine, assumere un approccio ecologico e sistematico alla conoscenza, in cui il pensiero umano si sviluppa nella relazione con le risorse materiali, simboliche e digitali del mondo. L'educazione, in questa cornice, deve guidare gli individui a diventare abitanti consapevoli dell'ambiente tecnologico, capaci di utilizzare in modo critico e riflessivo gli strumenti che ampliano la mente. Solo così la tecnologia può divenire non un fine, ma una mediazione consapevole dell'esperienza, capace di favorire lo sviluppo integrale e l'inclusione di ogni persona.

L'essere umano ha infatti una tendenza innata a prolungare e potenziare le proprie capacità cognitive attraverso strumenti e tecnologie, che diventano estensioni del corpo e della mente. Tale propensione all'“estensione strumentale” non è un fenomeno recente, ma un tratto costitutivo della specie umana, che oggi trova una nuova espressione nello sviluppo delle tecnologie intelligenti e connesse. La vita quotidiana è sempre più intrecciata con quelle che egli definisce “tecnologie cibernetiche non invasive”, dispositivi come smartphone, computer, programmi interattivi o automobili intelligenti, che operano come interfacce cognitive tra l'essere umano e il suo ambiente. Queste tecnol-

ogie, diventando progressivamente più integrate e autonome, stanno ridefinendo la natura stessa dell'esperienza umana, automatizzando parte delle nostre decisioni e routine e rendendo la nostra relazione con la tecnologia sempre più simbiotica (Clark, 2004).

La teoria della mente estesa si intreccia profondamente con quella della mente incarnata, secondo cui i processi cognitivi sono indissociabili dalle dimensioni percettive, motorie, emotive e relazionali dell'esperienza. La conoscenza non nasce solo da un'elaborazione mentale astratta, ma si fonda sul dialogo costante tra corpo, ambiente e strumenti di mediazione. In questa prospettiva, il corpo non è un semplice contenitore della mente, ma una struttura dinamica che partecipa attivamente alla costruzione del pensiero, orientando la percezione e l'azione.

Come sostengono Varela, Thompson e Rosch (1991), la cognizione è un processo situato e incarnato, che emerge dalle interazioni continue tra organismo e ambiente. Pensare significa agire, percepire, muoversi nel mondo, e la mente è inseparabile dalle condizioni corporee e contestuali in cui opera. Analogamente, Gallese (2010) mostra come la simulazione incarnata, mediata dai neuroni specchio, costituisca la base neurobiologica della comprensione e dell'empatia: comprendere un gesto, un'emozione o un'intenzione significa, in una certa misura, riviverla attraverso il corpo.

In questa visione, la tecnologia non interrompe la relazione tra mente e corpo, ma può diventare parte di un circuito cognitivo esteso e incarnato. L'interazione con strumenti digitali, interfacce sensoriali o ambienti immersivi non è mai puramente simbolica: coinvolge la dimensione corporea, affettiva e percettiva dell'esperienza. Toccare

uno schermo, orientarsi in uno spazio virtuale o manipolare oggetti interattivi significa pensare con il corpo, costruendo conoscenza attraverso gesti e sensazioni. La tecnologia, dunque, si inserisce nel flusso di continuità tra percezione e azione, trasformando e amplificando le modalità con cui l'essere umano si relaziona al mondo.

Dal punto di vista educativo, riconoscere la mente incarnata significa restituire centralità alla corporeità come veicolo di conoscenza (Lembo et al., 2024; 2023). L'apprendimento non può limitarsi alla dimensione astratta o linguistica, ma deve coinvolgere l'esperienza sensoriale, emotiva e motoria, in un intreccio costante tra fare e pensare. Le tecnologie educative possono contribuire a questo processo, offrendo ambienti di apprendimento esperienziale, nei quali l'azione e la percezione si fondono con la riflessione. Realtà aumentata, simulazioni interattive e laboratori digitali consentono di vivere la conoscenza, non solo di rappresentarla (Cipollone et al., 2023).

In questa prospettiva, la mente incarnata e la mente estesa non sono teorie in contraddizione, ma due dimensioni di uno stesso paradigma della cognizione situata. La prima mette in luce il radicamento corporeo del pensiero, la seconda ne sottolinea la continuità con l'ambiente e con gli artefatti tecnologici. Insieme, esse delineano una visione della mente come rete integrata di corpo, strumenti e contesto, capace di adattarsi, estendersi e trasformarsi nella relazione con il mondo. Pensare, conoscere e apprendere significano allora abitare il mondo con il corpo e attraverso la tecnologia, in un equilibrio dinamico tra incarnazione e estensione cognitiva.

Dal punto di vista educativo, questa visione implica il riconoscimento della tecnologia come spazio di mediazione cognitiva, e non

come semplice supporto esterno. Gli strumenti digitali, nel loro farsi sempre più intelligenti, si configurano come partner cognitivi che contribuiscono alla costruzione del sapere, amplificando le funzioni della mente umana (Lembo et al 2025). Tuttavia, anche che questa estensione non è priva di rischi: le stesse tecnologie che potenziano la nostra cognizione possono diventare strumenti di controllo, esclusione o dipendenza, se non integrate criticamente nei processi educativi e sociali. In questa prospettiva, la scuola e la formazione assumono un ruolo fondamentale nel guidare un uso consapevole della tecnologia come protesi cognitiva, capace non solo di estendere la mente, ma anche di promuovere autonomia, inclusione e partecipazione (Clark, 2004).

La prospettiva della mente estesa trova un’importante declinazione anche nell’ambito dell’apprendimento digitale, dove la relazione tra mente, tecnologia e conoscenza assume un carattere sempre più integrato e interdipendente. Le pratiche di apprendimento mediate da strumenti digitali mostrano come le funzioni cognitive non siano più riconducibili unicamente all’individuo, ma si distribuiscano all’interno di un sistema di interazioni tra soggetto, ambiente e artefatti tecnologici (Lembo et al., 2025; Tombolini et al., 2025). In questo senso, la mente non opera isolatamente, ma si espande attraverso le reti, i linguaggi e gli ambienti digitali che ne ampliano la portata cognitiva e relazionale (Gola & Piredda, 2015).

Da questa prospettiva, la tecnologia assume un ruolo epistemologico fondamentale, poiché diviene parte attiva dei processi di costruzione della conoscenza. Gli strumenti digitali non solo supportano l’apprendimento, ma ne ridefiniscono le modalità, offrendo spazi di

collaborazione, riflessione e condivisione che contribuiscono alla co-costruzione del sapere. Anche la valutazione, in tale contesto, non può limitarsi a misurare prestazioni individuali, ma deve tener conto della dimensione distribuita della cognizione e delle forme di intelligenza collettiva che emergono dall’interazione tra persone e tecnologie (Gola & Piredda, 2015).

In questa cornice, l’apprendimento digitale appare come un processo ecologico e situato, in cui l’essere umano, la tecnologia e il contesto educativo costituiscono un sistema integrato di conoscenza. Ciò implica una visione della mente come realtà estesa, relazionale e incarnata, capace di adattarsi e trasformarsi in relazione continua con l’ambiente e con i mediatori tecnologici.

La mente estesa, dunque, non è un’astrazione filosofica, ma una realtà esperienziale che si manifesta concretamente nella vita quotidiana. Essa può essere intesa come una rete dinamica di processi distribuiti, in cui il pensiero emerge dall’interazione continua tra mente, corpo, strumenti e contesto sociale. In questa prospettiva, il soggetto cognitivo non è un’entità isolata, ma parte di un ecosistema cognitivo complesso, nel quale ogni elemento – materiale, simbolico o relazionale – contribuisce alla costruzione dell’esperienza e del significato.

La tecnologia, in tale cornice, non sostituisce la mente né la replica, ma ne espande i confini, diventando un vero e proprio amplificatore delle facoltà cognitive. Essa offre nuove modalità di percezione, di rappresentazione e di elaborazione del mondo, consentendo di superare limiti biologici o situazionali e di accedere a forme più complesse di conoscenza. L’uso di strumenti digitali, di ambienti interattivi e di intelligenze artificiali costituisce un’estensione delle capacità umane

di memoria, attenzione e problem solving, favorendo un rapporto più flessibile e riflessivo con l'informazione.

Questa estensione non è però soltanto di natura tecnica, ma anche relazionale e culturale: la mente si forma e si trasforma nel dialogo costante con altri soggetti, con gli artefatti e con i sistemi simbolici che abitano lo spazio sociale. La dimensione cognitiva si intreccia così con quella collettiva e partecipativa, dando vita a forme di intelligenza distribuita e condivisa, dove il sapere non risiede in un unico individuo, ma si costruisce attraverso la cooperazione e la mediazione degli strumenti.

Un ulteriore contributo rilevante, che permette di comprendere in modo più profondo la relazione tra mente e tecnologia, proviene dalle riflessioni sulla trasformazione dei processi di insegnamento e apprendimento nell'era digitale (Novak, 2002). Le nuove teorie dell'apprendimento, in particolare quelle sviluppate nell'ambito costruttivista e socio-costruttivista, mettono in evidenza come la conoscenza non possa più essere concepita come un insieme statico di informazioni da trasmettere, ma come un processo dinamico di costruzione attiva che coinvolge il soggetto nella sua totalità cognitiva, affettiva e corporea.

In questa prospettiva, le tecnologie digitali non rappresentano semplicemente supporti esterni, ma veri e propri mediatori cognitivi che permettono di riorganizzare, visualizzare e condividere la conoscenza in forme nuove. Come evidenzia Novak nei suoi studi sulle mappe concettuali e sulla rappresentazione grafica della conoscenza, gli strumenti digitali consentono di esternalizzare e rendere visibile il pensiero, trasformando processi cognitivi interni in strutture manipolabili e condivisibili. Ciò produce un duplice effetto: da un lato, am-

plifica le capacità individuali di analisi, riflessione, memorizzazione e collegamento tra concetti; dall'altro, rende la conoscenza intersoggettiva e collettivamente negoziabile, favorendo processi di co-costruzione che non potrebbero avvenire nella sola mente dell'individuo.

Le tecnologie diventano così parte integrante dell'architettura cognitiva dell'apprendimento, assumendo la funzione di scaffolding esplicito, capace di sostenere il ragionamento, orientare la comprensione e facilitare la rielaborazione dei contenuti. L'ambiente digitale non è neutro: struttura il modo in cui la mente esplora le informazioni, le collega, le elabora e le comunica. Attraverso piattaforme, mappe concettuali, ambienti di simulazione e strumenti di collaborazione, lo studente entra in contatto con un ecosistema informativo distribuito, che amplia le possibilità cognitive e permette forme di apprendimento più attive, riflessive e significative.

L'apprendimento digitale, come sottolineano gli approcci basati sulla conoscenza significativa di Ausubel e sul costruttivismo sociale, è tanto più efficace quanto più permette allo studente di ancorare nuovi concetti a conoscenze pregresse, riorganizzarle e integrarle in una rete di significati personali e condivisi. Gli strumenti digitali, rendendo visibili tali connessioni e facilitando il confronto con i pari e con materiali multipli, trasformano la conoscenza in uno spazio spesso, reticolare, multidimensionale, perfettamente coerente con la visione della mente come sistema esteso e distribuito.

La rete, inoltre, introduce una dimensione di temporalità e spazialità ampliata: la conoscenza può essere costruita in tempi e luoghi diversi, attraverso interazioni asincrone, forum, revisioni collaborative, archivi condivisi. Questo produce un ambiente che incarna in modo

evidente il principio della cognizione distribuita: il sapere non è localizzato in un unico individuo, ma emerge dall'intreccio di contributi, strumenti, conversazioni e artefatti prodotti nel tempo. Anche la valutazione, in questa prospettiva, deve tenere conto di questa complessità: non può più limitarsi a misurare la prestazione individuale isolata, ma deve riconoscere la dimensione processuale, collaborativa e mediata dell'apprendimento.

L'integrazione sempre più profonda delle tecnologie digitali nei processi cognitivi mostra come gli artefatti non siano semplici supporti esterni, ma elementi che partecipano attivamente all'organizzazione e alla trasformazione della conoscenza. Mappe concettuali digitali, piattaforme collaborative e ambienti virtuali diventano spazi nei quali la mente distribuisce e rielabora informazioni, estendendo le proprie capacità di memoria, analisi, rappresentazione e connessione dei dati. In questo senso, le tecnologie non si aggiungono alla mente: ne ampliano la portata, diventando parte del circuito cognitivo che sostiene la comprensione e il problem solving.

Allo stesso tempo, tali processi non si realizzano in una dimensione puramente astratta o disincarnata, ma coinvolgono continuamente il corpo, la percezione e l'azione. L'interazione con gli ambienti digitali richiede gesti, posture, attenzioni sensoriali, orientamenti spaziali ed emozioni che partecipano alla costruzione dei significati. Navigare in un'interfaccia, manipolare elementi visivi, esplorare uno spazio immersivo o costruire una mappa concettuale sono attività in cui la cognizione prende forma attraverso la coordinazione tra mente, corpo e ambiente. L'apprendimento, così, emerge da un sistema unitario in

cui le tecnologie amplificano l'azione del corpo e il corpo conferisce spessore esperienziale alle possibilità offerte dagli strumenti.

L'estensione della mente si manifesta anche nella dimensione collettiva e sociale dell'esperienza umana, dove la conoscenza non è più il risultato di un'elaborazione individuale, ma di un processo condiviso e distribuito. L'uso delle tecnologie digitali favorisce la nascita di forme di intelligenza distribuita (Hutchins, 1995) e di intelligenza collettiva (Lévy, 2002), in cui il sapere si costruisce attraverso reti di cooperazione, scambio e negoziazione di significati. In tali contesti, la mente individuale si intreccia con quella degli altri, generando un tessuto cognitivo comune, in cui ogni contributo diventa parte di un sistema più ampio e interconnesso.

La rete, in questo senso, non rappresenta solo uno spazio comunicativo, ma un ambiente cognitivo condiviso, in cui i processi di elaborazione, memorizzazione e produzione di conoscenza vengono coordinati e distribuiti tra persone e artefatti digitali. I social network, le piattaforme collaborative, i forum di discussione e i sistemi di intelligenza artificiale partecipativa sono esempi concreti di come la cognizione possa estendersi a reti socio-tecnologiche, dove l'informazione viene costantemente rielaborata e trasformata in conoscenza collettiva.

Questa dimensione cooperativa dell'intelligenza apre a nuove modalità di apprendimento e di costruzione del sapere: la conoscenza non è più trasmessa verticalmente, ma emerge orizzontalmente dall'interazione continua tra soggetti, strumenti e ambienti digitali. L'individuo non è più solo un fruitore di contenuti, ma un co-costruttore di significati, capace di contribuire attivamente al flusso informativo e di

partecipare a comunità di pratica e di ricerca. Ciò favorisce la nascita di una cognizione connettiva, in cui le competenze personali si intrecciano con quelle degli altri, generando una forma di intelligenza che trascende i limiti del singolo per diventare ecologica e reticolare.

Nell'ottica della cognizione situata, la relazione tra esseri umani e tecnologie non può essere interpretata semplicemente come interazione tra un soggetto che agisce e uno strumento che assiste, ma come un vero e proprio sistema di agency distribuita. La Actor–Network Theory (ANT) elaborata da Bruno Latour (2005) propone infatti una visione radicale dell'azione: essa non è mai il prodotto esclusivo dell'individuo, ma il risultato contingente di una rete eterogenea composta da attori umani e non umani (artefatti, infrastrutture, oggetti tecnici, sistemi informativi). In questa prospettiva, gli artefatti tecnologici non fungono da semplici strumenti neutri, bensì partecipano attivamente alla configurazione dell'esperienza, orientano i comportamenti, modellano le decisioni e contribuiscono alla costruzione dei significati. La tecnologia diventa dunque parte dell'azione stessa, un co-autore dei processi cognitivi, sociali ed educativi.

Questa interpretazione della cognizione come fenomeno distribuito trova un'importante risonanza anche nelle riflessioni di N. Katherine Hayles (2000), che individua nella condizione postumana uno dei tratti distintivi della contemporaneità. La distinzione tradizionale tra mente e macchina, corpo e tecnologia, naturale e artificiale è sempre più difficile da sostenere: i soggetti vivono immersi in un ecosistema socio-tecnologico in cui dispositivi digitali, algoritmi, reti informatiche e sistemi di informazione diventano componenti integrali dei processi cognitivi e delle forme di esperienza. L'identità stessa si configura

come un nodo dinamico all'interno di una rete di interazioni, dove il confine tra individuo e ambiente tecnico si fa fluido e permeabile.

Questa prospettiva consente di interpretare la teoria della mente estesa come un processo di simbiosi cognitiva tra esseri umani e artefatti intelligenti. La mente non si limita a estendersi negli strumenti, ma entra in relazione con essi in un circuito di mutua influenzabilità che produce nuove possibilità di azione e nuove forme di pensiero. L'essere umano non è più soltanto un utilizzatore della tecnologia, ma un organismo che si costituisce anche attraverso di essa, partecipando a un sistema ibrido di cognizione condivisa. Come mostrano gli studi del postumanesimo critico (Braidotti, 2013), questa compenetrazione tra biologico e tecnologico non rappresenta una perdita di umanità, ma l'emergere di una nuova condizione epistemica in cui identità, conoscenza e agency sono il risultato di processi relazionali, ecologici e distribuiti.

La prospettiva dell'agency distribuita e della simbiosi uomo-tecnologia, delineata da Latour e Hayles, trova oggi una delle sue manifestazioni più evidenti nello sviluppo delle tecnologie intelligenti. L'intelligenza artificiale, in particolare, rappresenta il punto di convergenza tra teoria della mente estesa, postumanesimo e cognizione distribuita, poiché non si limita a mediare l'azione umana, ma diventa parte attiva dei processi decisionali e cognitivi. Gli algoritmi, i sistemi di raccomandazione, gli assistenti virtuali e le piattaforme digitali partecipano sempre più alla selezione delle informazioni, alla risoluzione dei problemi e alla costruzione dei significati, ridefinendo i confini dell'autonomia e della cognizione. In questa cornice, la tecnologia non agisce più come semplice supporto esterno, ma come elemento

integrato dell’architettura mentale dell’individuo, aprendo la strada a forme di cooperazione cognitiva tra esseri umani e sistemi artificiali.

L’evoluzione recente dell’intelligenza artificiale suggerisce un passaggio fondamentale: la tecnologia non opera più soltanto come strumento di supporto, ma come partner cognitivo dell’essere umano. L’IA non si limita a eseguire comandi o automatizzare compiti ripetitivi, ma coopera nella selezione, interpretazione e trasformazione delle informazioni, diventando parte dei processi decisionali e riflessivi. Oggi viviamo all’interno dell’“infosfera”, un ambiente informazionale pervasivo in cui agenti artificiali, reti digitali e infrastrutture algoritmiche interagiscono costantemente con gli individui, orientando le loro percezioni, le loro scelte, i loro modi di apprendere e di interpretare la realtà (Floridi, 2014). La cognizione, in questo contesto, non può più essere concepita come un’attività interna alla mente biologica, ma come un processo ibrido e distribuito, frutto della cooperazione tra esseri umani e sistemi intelligenti.

Il modello della Human-Centered AI, sottolinea che i sistemi intelligenti possono amplificare in modo significativo le capacità cognitive, memoria, attenzione, analisi, creatività, a condizione che siano progettati per sostenere l’autonomia, la dignità e il controllo umano (Shneiderman, 2020). L’IA diventa così una forma avanzata di scaffolding cognitivo: un supporto che guida l’individuo nei processi complessi, offrendo feedback immediati, suggerimenti, simulazioni e possibilità di esplorazione che facilitano l’apprendimento e la risoluzione dei problemi. Tale collaborazione non è un mero trasferimento di compiti, ma un’interazione continua che modifica la qualità stessa della cog-

nizione: pensare, decidere e progettare diventano attività condivise tra mente umana e agenti artificiali.

In continuità con la prospettiva della mente estesa di Andy Clark (2015), l'intelligenza artificiale può essere intesa come una protesi mentale avanzata, capace di estendere la memoria, ampliare la capacità di elaborazione delle informazioni e supportare forme di ragionamento che superano i limiti biologici dell'individuo. Le tecnologie intelligenti, dall'assistenza predittiva ai sistemi di visualizzazione aumentata, dalle piattaforme di apprendimento adattivo agli agenti conversazionali, non operano come strumenti esterni, ma entrano a far parte dell'architettura cognitiva dell'essere umano, partecipando attivamente alla costruzione dei significati e all'organizzazione delle conoscenze.

Questa relazione collaborativa produce un nuovo tipo di intelligenza, definibile come intelligenza ibrida (Hollan et al., 2000), nella quale il sapere non risiede né nella sola mente umana né nella sola macchina, ma nell'interazione dinamica tra i due. L'IA diventa un co-agente cognitivo che contribuisce a esplorare problemi complessi, formulare ipotesi, generare rappresentazioni e valutare alternative, ridefinendo profondamente i confini della mente e dell'apprendimento. In questo senso, la tecnologia non sostituisce la cognizione umana, né la replica: la potenzia, la estende e la riorganizza, aprendo nuove possibilità epistemiche e trasformando il modo stesso di pensare.

Questa trasformazione solleva anche interrogativi importanti: quali sono i limiti dell'estensione cognitiva verso agenti artificiali? Come si garantisce un equilibrio tra potenziamento e autonomia? Quale ruolo assumono l'educazione e la cultura digitale nel formare individui ca-

paci di orientarsi criticamente in un ecosistema in cui la cognizione emerge da sistemi misti uomo–macchina? Queste domande rappresentano il punto di partenza per una riflessione educativa più ampia, che considera l’intelligenza artificiale non solo come una risorsa, ma come un interlocutore cognitivo che richiede consapevolezza, responsabilità e nuove forme di alfabetizzazione critica.

Dal punto di vista educativo, l’idea di una cognizione distribuita invita a ripensare l’apprendimento non come un processo individuale e interno, ma come un’esperienza situata all’interno di reti socio-tecniche complesse, in cui artefatti digitali, ambienti interattivi e relazioni sociali concorrono in modo interdipendente alla costruzione del sapere. L’azione educativa, in questa prospettiva, non è il risultato della sola attività mentale dell’individuo, ma un fenomeno ecologico e relazionale, che emerge dall’intreccio continuo tra mente, corpo, strumenti culturali e contesti di partecipazione.

Le tecnologie digitali assumono così il ruolo di mediatori cognitivi, non più semplici supporti esterni, ma elementi che modellano le forme dell’attenzione, della memoria, della categorizzazione e del ragionamento. Esse ridefiniscono i processi attraverso cui gli studenti esplorano, comprendono e rielaborano i contenuti, permettendo di visualizzare, manipolare e condividere informazioni che altrimenti rimarrebbero inaccessibili. In questa cornice, l’apprendimento si configura come un processo situato, partecipativo e distribuito, che coinvolge ambienti, strumenti, comunità e tecnologie.

Ciò comporta un ripensamento profondo dei modelli formativi tradizionali. L’idea di apprendimento come trasmissione lineare di conoscenze lascia spazio a una visione costruttiva e reticolare, in cui

la scuola e l'università diventano ecosistemi cognitivi orientati alla collaborazione, alla co-creazione e alla riflessione critica. Le pratiche didattiche si trasformano: non è più sufficiente proporre contenuti, ma occorre progettare contesti che favoriscano interazioni significative, progettazione condivisa, negoziazione di significati e partecipazione a comunità di pratica (Wenger, 1999).

In questa prospettiva, l'intelligenza collettiva non sostituisce quella individuale, ma la amplifica. Ogni studente può estendere il proprio repertorio cognitivo attraverso le interazioni con gli altri e con gli strumenti digitali, che diventano parte del processo di costruzione della conoscenza. La mente, dunque, non si estende soltanto nello spazio fisico degli strumenti, ma anche nel tessuto relazionale e simbolico delle connessioni umane e digitali, generando forme di pensiero collaborativo, creativo e inclusivo che riflettono la complessità del mondo contemporaneo.

Questa visione si allinea alle teorie dell'apprendimento connettivista (Siemens, 2005), secondo cui la conoscenza non è un possesso individuale, ma una proprietà della rete: saper apprendere significa sapersi orientare tra nodi informativi, relazioni, strumenti e comunità. Tale prospettiva è coerente anche con i modelli di knowledge building (Scardamalia & Bereiter, 2010), che interpretano la classe come comunità di ricerca in cui studenti e docenti collaborano alla produzione di conoscenza nuova e condivisa, non alla sola acquisizione di informazioni.

Riconoscere la mente come estesa, sociale e tecnologicamente mediata significa, infine, promuovere una pedagogia ecologica capace di integrare mediazioni corporee, simboliche e digitali nei processi di ap-

prendimento. Gli ambienti formativi diventano spazi di connessione, esplorazione e co-costruzione, nei quali la tecnologia non si limita a supportare l'attività mentale, ma ne amplifica le possibilità, trasformandosi in uno strumento di creatività, uso critico dell'informazione, autonomia decisionale e partecipazione.

In questa prospettiva, l'obiettivo educativo non è quello di sostituire la mente con la macchina, ma di armonizzare le loro potenzialità, affinché la tecnologia diventi un'estensione consapevole dell'agire cognitivo, orientata allo sviluppo integrale della persona e alla promozione di una cittadinanza attiva, inclusiva e competente nel mondo digitale.

## Bibliografia

- Braidotti, R. (2013). Posthuman humanities. *European Educational Research Journal*, 12(1), 1-19.
- Cipollone, E., Lembo, L., Oliva, P., & Peluso Cassese, F. (2023). Augmented Didactic: the potential of Gesture in Mobile Learning to enhance learning. In *International Conference on Higher Education Learning Methodologies and Technologies Online* (pp. 155-166). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Clark, A., & Erickson, M. (2004). Natural-born cyborgs: Minds, technologies, and the future of human intelligence. *Canadian Journal of Sociology*, 29(3), 471.
- Clark, A. (2015). Surfing uncertainty: Prediction, action, and the embodied mind. Oxford University Press.
- Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *analysis*, 58(1), 7-19.

- Dror, I. E., & Harnad, S. (2008). Offloading cognition onto cognitive technology. In *Cognition distributed: How cognitive technology extends our minds* (pp. 1-23). John Benjamins Publishing Company.
- Ferrini, C. (2015). *L'invenzione di Cartesio. La'disembodied mind'negli studi contemporanei: eredità o mito?*. EUT.
- Floridi, L. (2014). *The fourth revolution: How the infosphere is reshaping human reality*. OUP Oxford.
- Gallese V. (2010). Corpo e azione nell'esperienza estetica. Una prospettiva neuroscientifica. Postfazione a: U. Morelli – *Mente e Bellezza. Mente relazionale, arte, creatività e innovazione*. Umberto Allemandi & c. editore, Torino, pp. 245-262
- Gola, E., & Piredda, G. (2015). Mente estesa e apprendimento digitale: considerazioni epistemologiche sul processo di valutazione. In *Education 2.0: esperienze, riflessioni, scenari* (pp. 261-273). Cuec.
- Hayles, N. K. (2000). How we became posthuman: Virtual bodies in cybernetics, literature, and informatics.
- Hollan, J., Hutchins, E., & Kirsh, D. (2000). Distributed cognition: toward a new foundation for human-computer interaction research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 7(2), 174-196.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. MIT press.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford university press.
- Lembo, L., & Peluso Casese, F. (2023). *Manuale di didattica generale e neurodidattica*.

Lembo, L., Cipollone, E., & Barone, G. (2025). *ATENA: Realtà Aumentata e Neuroscienze per un Apprendimento Tridimensionale*. GAIA srl-Edizioni Universitarie Romane.

Lembo, L., Cipollone, E., Morsanuto, S., & Peluso Cassese, F. (2024). Augmented Didactic: Interacting with 3D Models to Enhance the Memory Systems. In *International Conference on Immersive Learning* (pp. 49-64). Cham: Springer Nature Switzerland.

Lévy, P. (2002). *L'intelligenza collettiva. Per un'antropologia del cyberspazio*. Feltrinelli editore.

Novak, J. D. (2002). Le nuove teorie della mente e le nuove tecnologie: una promessa per migliorare i processi di insegnamento-apprendimento. *lavoro presentato al convegno Costruire l'insegnamento—Costruire l'apprendimento, Ancona, 30*, 2002.

Prensky, M. (2010). H. Sapiens Digitale: dagli Immigrati digitali e nativi digitali alla saggezza digitale. *Italian Journal of educational technology*, 18(2), 17-17.

Scardamalia, M., & Bereiter, C. (2010). A brief history of knowledge building. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 36(1).

Shneiderman, B. (2022). *Human-centered AI*. Oxford University Press.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning. Online]* retrieved from: [http://www.idtl.org/Journal/Jam\\_05/article01.html](http://www.idtl.org/Journal/Jam_05/article01.html).

Tombolini, E. Lembo, L., Peluso Cassese, F. (2025). The impact of AI-generated multimedia on learning and information retention. *Italian Journal of Educational Technology*. Accepted Manuscript Online.

Tombolini, E., Lembo, L., & Cassese, F. P. (2025). AUGMENTED REALITY AND FLIPPED CLASSROOM: THE ROLE OF THE MERGE CUBE AS A DIDACTIC MEDIATOR IN AUTONOMOUS LEARNING. *ITALIAN JOURNAL OF HEALTH EDUCATION, SPORT AND INCLUSIVE DIDACTICS*, 9(1).

Varela F., J., Thompson, E., &, Rosch, E. (1991). The embodied mind: Cognitive science and human experience.

Vygotsky, L. S. (1990). Pensiero e linguaggio. Ricerche psicologiche. Bari: Laterza.

Wenger, E. (1999). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge university press.

**LUNA LEMBO**

## L'ecosistema Corpo–Mente–Tecnologia

«*La mente non è confinata nella testa: è una rete che si estende attraverso corpo, strumenti e mondo».*  
(Clark, 2004)

L'idea di un ecosistema Corpo–Mente–Tecnologia nasce dalla necessità di comprendere l'esperienza umana come un processo dinamico in cui dimensioni biologiche, cognitive e tecniche si intrecciano in modo indissolubile. In questa prospettiva, la tradizionale distinzione tra soggetto e artefatto si rivela insufficiente: la tecnologia non è soltanto un insieme di strumenti esterni, ma una componente strutturale attraverso cui percepiamo, interpretiamo e abitiamo il mondo. Don Ihde, nell'ambito della fenomenologia post-umanista, sostiene che ogni tecnologia costituisca una relazione che media e modella la nostra percezione, ridefinendo il modo in cui il mondo ci appare e il modo in cui agiamo al suo interno (Ihde 1990; 1995). In modo complementare, la teoria della *Extended Mind* di Andy Clark e David Chalmers propone che la cognizione non sia confinata nel cervello, ma si estenda nell'ambiente attraverso strumenti e artefatti che divengono

parti funzionali dei processi cognitivi (Clark & Chalmers, 1998). Una simile prospettiva si lega alla tradizione ecologica di James J. Gibson, secondo cui la percezione nasce dall'incontro attivo tra corpo e ambiente e dalle affordance che quest'ultimo offre, oggi profondamente riplasmate dalla presenza pervasiva delle tecnologie digitali (Gibson 1979). Nella visione di Gibson, percepire non significa registrare passivamente stimoli, ma cogliere possibilità d'azione offerte dal mondo in relazione alle capacità corporee dell'organismo. Le affordance non sono proprietà oggettive degli oggetti né mere costruzioni mentali, ma relazioni: emergono dall'accoppiamento dinamico tra un soggetto situato e un ambiente strutturato. Ciò implica che ogni modifica dell'ambiente – compresa l'introduzione di nuovi artefatti o infrastrutture tecnologiche – altera il campo delle possibilità percepibili e dunque modula il comportamento, l'attenzione e le forme dell'esperienza.

Nell'attuale ecosistema digitale, questa logica relazionale assume nuove forme. Le tecnologie non si limitano a costituire sfondi neutri, ma creano ambienti ibridi in cui le affordance tradizionali si intrecciano con affordance computazionali: pulsanti, icone, notifiche, feedback aptici e segnali algoritmici diventano elementi che orientano il gesto, distribuiscono l'attenzione, suggeriscono percorsi d'azione e modellano in profondità la percezione situata. Ogni dispositivo digitale – dallo smartphone ai sistemi di realtà aumentata – produce nuove possibilità operative che il corpo può attualizzare, ma genera anche vincoli e schemi di movimento che ristrutturano l'esperienza quotidiana.

In questo senso, l'ambiente tecnologico contemporaneo può essere interpretato come un'estensione complessa dell'ambiente ecologico:

un insieme di spazi, superfici, simboli e flussi di dati che ampliano e, al tempo stesso, guidano il repertorio delle azioni corporee. L'utente non naviga soltanto tra oggetti fisici, ma tra affordance digitali che richiedono nuove forme di percezione e coordinamento motorio. La percezione diventa così un processo sempre più mediato, nel quale corpo e tecnologia co-producono il campo fenomenico, definendo ciò che è immediatamente visibile, rilevante e accessibile all'azione (Gibson, 1979).

In questo quadro interpretativo, il corpo emerge come la prima e fondamentale interfaccia del soggetto con il mondo, non un semplice supporto fisiologico, ma il luogo in cui si radicano la percezione, l'azione e la costruzione del significato. La prospettiva della *embodied cognition*, formulata da Francisco Varela, Evan Thompson ed Eleanor Rosch, mostra come la cognizione sia inseparabile dall'esperienza incarnata e come i processi mentali possano essere compresi solo considerando l'interazione continua tra organismo e ambiente (Varela, Thompson & Rosch, 1991). Questa visione è stata ulteriormente sviluppata da Shaun Gallagher, che evidenzia come la struttura corporea, postura, movimento, lateralità, possibilità motorie, modelli attivamente il modo in cui percepiamo, pensiamo e interagiamo (Gallagher, 2006). Pensare, in questa prospettiva, è sempre un modo di essere corporeo nel mondo; percepire è un'azione situata, dinamica, orientata al compito.

Le tecnologie si innestano all'interno di questa condizione incarnata, amplificando o trasformando le possibilità percettive e operative del corpo. Le relazioni che instauriamo con gli artefatti possono assumere forme differenti: dispositivi che diventano trasparenti all'uso

e si integrano nella nostra corporeità, come occhiali, protesi o smartphone; dispositivi che mediano e interpretano il mondo attraverso rappresentazioni, come monitor, grafici o sensori, e dispositivi che si presentano come quasi-altre entità con cui interagire, come robot o assistenti intelligenti (Ihde, 1990). Queste forme di relazione non sono mere astrazioni teoriche, ma descrivono il modo in cui la quotidianità viene rimodellata: gesti, posture, ritmi dell'attenzione e modalità di accesso alle informazioni si riconfigurano attorno ai cicli di input e feedback generati dai sistemi digitali.

La ricerca contemporanea nell'ambito dell'interazione uomo-macchina conferma il ruolo centrale del corpo come luogo di significazione. Paul Dourish, ad esempio, ha mostrato come ogni interazione digitale sia essenzialmente un'interazione situata, fondata su pratiche corporee e ambientali, sostenendo che l'informatica debba essere compresa come un'estensione delle nostre forme incarnate di azione (Dourish, 2001). Tecnologie indossabili, interfacce aptiche, realtà aumentata, sensori biometrici e sistemi intelligenti intensificano ulteriormente questa interdipendenza, rendendo il corpo una superficie informativa, un nodo sensoriale in cui dati biologici, percezioni ed azioni digitali circolano in modo continuo.

Ne risulta un corpo trasformato, non nel senso ingenuo del potenziamento, ma nel senso della sua funzione epistemica ed esperienziale: un corpo che non si limita a utilizzare tecnologie, ma che attraverso esse ridefinisce le proprie possibilità percettive e operative. La tecnologia diventa così parte integrante della struttura stessa dell'esperienza, rendendo il corpo non “precedente” allo strumento, ma continuamente co-costruito da esso. Parlare di un ecosistema Corpo–Mente–Tecnologia

logia significa allora riconoscere che il corpo è la matrice originaria della nostra esperienza del mondo, ma è allo stesso tempo una dimensione sempre più ibridata, amplificata e riconfigurata dalla presenza pervasiva dell'ambiente tecnologico.

Il corpo costituisce la prima e fondamentale interfaccia attraverso la quale l'essere umano entra in relazione con il mondo. Prima ancora che intervengano strumenti o linguaggi simbolici, è attraverso la corporeità che percepiamo, agiamo, comprendiamo e attribuiamo senso. Il corpo è un medium primario non solo perché ci permette di muoverci nello spazio, ma perché struttura profondamente la nostra esperienza percettiva ed emotiva. La fenomenologia ha da tempo sottolineato questo ruolo costitutivo: Maurice Merleau-Ponty, ad esempio, afferma che il corpo non è un oggetto tra gli oggetti, ma “il nostro mezzo generale per avere un mondo”, vale a dire la condizione stessa della nostra visione e del nostro orientamento (Merleau-Ponty 1969). Il corpo non funge dunque da intermediario neutro, ma delimita e apre allo stesso tempo il campo del percepibile, modellando attivamente ciò che può apparire, ciò che può essere raggiunto e ciò che può essere compreso.

Questa concezione mette in evidenza il fatto che l'esperienza non si sviluppa a partire da dati sensoriali isolati, ma assume forma attraverso un corpo vissuto, sensibile, dinamico. La postura, la distanza, il ritmo del movimento, l'equilibrio e la tensione muscolare influiscono sulla qualità percettiva degli oggetti e degli spazi. Non si percepisce mai “da nessun luogo”: si percepisce sempre da un corpo situato, orientato, impegnato in una direzione. La fenomenologia mostra così che la percezione è già una forma di comprensione pratica, un gesto intenzionale rivolto a ciò che appare. È in questo senso che

Merleau-Ponty insiste sul fatto che il corpo è un “soggetto” e non un mero meccanismo: esso è la condizione incarnata della nostra apertura al mondo (Merleau-Ponty 1969). È il corpo che integra e organizza stimoli sensoriali, dinamiche motorie e intenzionalità, rendendo possibile una forma di pensiero che non si limita alla rappresentazione, ma si radica nella pratica situata.

Questa prospettiva è stata pienamente accolta e sviluppata dalle scienze cognitive contemporanee, in particolare dal paradigma dell’embodied cognition, secondo cui la mente non può essere compresa indipendentemente dal corpo che la sostiene e dall’ambiente in cui opera. Gli studi di Francisco Varela, Evan Thompson ed Eleanor Rosch mostrano come i processi cognitivi emergano da cicli di percezione–azione in cui il corpo svolge un ruolo attivo nella costruzione del significato (Varela, Thompson & Rosch 1991). Shaun Gallagher, a sua volta, evidenzia come aspetti quali postura, equilibrio, capacità motorie e abitudini cinestetiche influenzino direttamente modalità di attenzione, categorizzazione e decisione (Gallagher 2006). La cognizione, in questa prospettiva, non è un’attività puramente cerebrale, ma una pratica distribuita nell’intero organismo: pensare implica sempre muoversi, sentire, orientarsi e situarsi.

Se il corpo è dunque il primo dispositivo attraverso cui esploriamo il mondo, le sue capacità sensoriali e motorie costituiscono la base dell’interazione con l’ambiente. Il movimento è un principio organizzatore dell’esperienza: camminare, girarsi, raggiungere un oggetto o evitare un ostacolo sono azioni che modellano strutture percettive e cognitive. Il tatto, spesso considerato un senso “minore”, svolge un ruolo centrale nella costruzione dell’immagine corporea e nella per-

cezione di materiali, forme e temperature, offrendo un ancoraggio concreto al mondo. La postura, infine, non è un semplice assetto meccanico, ma una modalità di posizionamento intenzionale che influisce sulla disponibilità all'azione e sulla qualità dell'attenzione. Tutti questi elementi non operano separatamente, ma formano un sistema in cui sensorialità e movimento si co-modulano continuamente.

L'avvento delle tecnologie digitali introduce trasformazioni profonde in questo sistema. Le tecnologie non si aggiungono semplicemente alle capacità corporee, ma le estendono, le amplificano o le ri-orientano, ridefinendo ciò che il corpo può fare e come può percepire. Don Ihde mostra come i dispositivi tecnici possano diventare trasparenti all'uso, integrandosi nel corpo al punto da funzionare come veri e propri organi estesi, come avviene con smartphone, occhiali elettronici o protesi intelligenti (Ihde, 1990). Tecnologie aptiche, sensori biometrici, realtà aumentata, dispositivi indossabili e robot collaborativi modificano costantemente il campo sensoriale, introducendo nuovi tipi di feedback e nuove modalità di coordinamento motorio. Tali sistemi producono affordance inedite: gesti digitali, tocchi su superfici sensibili, movimenti richiesti dai sistemi di tracciamento, interazioni basate su vibrazioni o impulsi luminosi.

Questi processi hanno un impatto significativo sulla percezione stessa. La mano che scorre su uno schermo tattile non esplora più un oggetto materiale, ma una superficie astratta programmata per rispondere con immagini, suoni o micro-vibrazioni. Questo semplice gesto quotidiano, apparentemente banale, rappresenta un cambiamento radicale nel modo in cui il corpo entra in contatto con il mondo: non più attraverso resistenze, texture e pesi tangibili, ma attraverso superfici

lisce che rimandano significato tramite feedback simulati. Tale mutamento modifica non soltanto l'atto percettivo, ma anche il modo in cui impariamo a riconoscere, discriminare e valutare gli stimoli. La mano non tocca più la cosa, ma la rappresentazione della cosa, e ciò cambia in profondità i nostri modelli di esplorazione sensoriale.

La postura del corpo si riorganizza anch'essa in funzione dei dispositivi che utilizziamo: la curvatura delle spalle durante l'uso prolungato dello smartphone, la rotazione del polso nel gesto dello "swipe", la fissità dello sguardo davanti a schermi multipli, la micro-tensione dei muscoli del collo influenzano non solo il comfort fisico, ma anche la qualità dell'attenzione. Ogni dispositivo induce un modo di stare nel mondo, un insieme di micro-gesti ripetitivi che, nel tempo, diventano abitudini incorporate. Così il corpo assimila schemi posturali e cinetici propri dell'ambiente digitale: sedersi davanti a uno schermo significa predisporre il corpo a una certa modalità di concentrazione, mentre afferrare uno smartphone significa prepararsi a un flusso rapido di informazioni, notifiche e decisioni immediate.

Le tecnologie contemporanee non si limitano a imporre gesti, ma incorporano la capacità di rispondere ai nostri stati corporei. Sensori che monitorano la frequenza cardiaca, algoritmi che tracciano i movimenti oculari, app che registrano il respiro o il livello di attività fisica generano cicli di retroazione continuamente aggiornati. Il corpo diventa così fonte costante di dati che vengono interpretati, elaborati e restituiti sotto forma di suggerimenti, avvisi, avvertimenti, stimoli o micro-regolazioni. Il dispositivo "vede" il corpo, lo misura, lo valuta e interviene sul suo comportamento, modellando in modo sottile le sensazioni e orientando le scelte dell'utente.

In questo senso, la tecnologia non solo estende il corpo, ma lo ris-truttura: crea nuovi gesti tipici, scrollare, zoomare, fare swipe, che divengono forme apprese di interazione, quasi delle nuove “unità motorie culturali”. Modifica la percezione del tempo, trasformandolo in sequenze rapide di aggiornamenti, notifiche e contenuti; altera la percezione dello spazio, che viene filtrato e reinterpretato attraverso mappe digitali, realtà aumentate e ambienti virtuali. Introduce ritmi di attenzione governati da segnali sonori, vibrazioni e indicatori visivi che definiscono priorità e interrompono cicli naturali di concentrazione. L'intero paesaggio percettivo diventa così più denso di stimoli, più veloce e spesso più frammentato.

Questi cambiamenti riorganizzano la distribuzione dell'azione e della sensibilità: alcuni sensi vengono potenziati, come la vista o la capacità di decodificare segnali astratti, mentre altri vengono attenuati, come il tatto profondo o la percezione periferica. Il corpo diventa così un'interfaccia ibrida, punto d'incontro tra dinamiche organiche e logiche computazionali, luogo di integrazione tra percezione biologica e retroazioni digitali. La soglia tra interno ed esterno si fa più permeabile: sensazioni, emozioni e stati fisici vengono tradotti in dati e reinseriti nel ciclo esperienziale sotto forma di informazione elaborata.

L'interazione con il mondo contemporaneo è dunque mediata da un corpo che non è più “naturale” in senso puro, ma plasmato da ambienti tecnologici che ne ampliano e ridefiniscono continuamente le possibilità operative ed esperienziali. La corporeità diviene un territorio in cui si intrecciano abitudini evolutive e innovazioni tecniche, una superficie sempre più complessa in cui l'umano e il digitale coesistono e si modellano reciprocamente. Il risultato è un corpo che non solo utilizza

la tecnologia, ma che ne porta le tracce nella propria postura, nella percezione e nei modi di essere-nel-mondo.

Se il corpo fornisce l'accesso sensoriale e pratico al mondo, la mente opera come un sistema interpretativo che seleziona, organizza e attribuisce significato alle informazioni. L'esperienza cognitiva non è un semplice processo di registrazione, ma un'attività di costruzione che coinvolge attenzione, memoria e immaginazione. L'attenzione svolge la funzione di filtro dinamico, determinando quali stimoli diventano rilevanti e quali vengono esclusi. In ambienti digitali, questo filtro è continuamente sollecitato da notifiche, aggiornamenti e segnali progettati per catturare la nostra focalizzazione, con effetti misurabili sulla profondità del pensiero e sulla continuità dell'elaborazione cognitiva (Carr, 2020). La memoria, invece, viene sempre più spesso esternalizzata a supporti tecnologici: come mostrano gli studi di Sparrow e colleghi, la disponibilità di informazioni online induce a ricordare meno il contenuto in sé e più il luogo digitale in cui esso può essere reperito, un fenomeno descritto come “Google effect” (Sparrow, Liu & Wegner, 2011). L'immaginazione, infine, opera in un contesto in cui immagini, simulazioni e flussi algoritmici forniscono nuovi materiali per la costruzione di scenari mentali, ampliando il repertorio simbolico ma influendo anche sulla spontaneità creativa (Manovich, 2013).

Nel contesto dell'interazione con sistemi digitali, la mente è impegnata in un continuo lavoro di interpretazione dei segnali e dei feedback. Ogni interfaccia propone specifiche “grammatiche dell'azione” che richiedono di essere comprese, anticipate e integrate nelle routine cognitive. Donald Norman evidenzia come gli utenti sviluppino modelli mentali sulla base di pattern ricorrenti, riducendo il carico

cognitivo grazie alla familiarità con strutture e affordance delle interfacce (Norman, 2013). L'apprendimento non avviene soltanto a livello razionale, ma attraverso la formazione di automatismi percettivi e decisionali: la mente impara a prevedere la risposta di un sistema, a inferire la funzione di un segnale, a interpretare ritmi informativi. In molti casi, questi processi si svolgono al di sotto della soglia della consapevolezza, trasformando l'interazione digitale in una pratica fluida sostenuta da schemi cognitivi impliciti. Con il tempo, l'utente non deve più soffermarsi a decifrare ogni elemento dell'interfaccia: il riconoscimento diventa immediato, quasi istintivo, e l'interpretazione dei segnali visivi o sonori si fonda su una memoria operativa che associa automaticamente funzioni e feedback. Questo tipo di apprendimento procedurale è simile a ciò che accade quando si impara a guidare: all'inizio ogni gesto richiede uno sforzo attentivo, mentre successivamente i movimenti si concatenano spontaneamente, lasciando spazio a forme di consapevolezza più ampie e distribuite.

Nel caso delle tecnologie digitali, tali automatismi si sviluppano ancora più rapidamente grazie alla ripetitività delle operazioni e alla coerenza delle convenzioni progettuali. Gesture ricorrenti, pattern iconografici, logiche di navigazione o suoni specifici diventano indicatori che la mente riconosce e anticipa senza necessità di elaborazione consciente. Questo apprendimento inconscio permette di ridurre il carico cognitivo, ma favorisce anche l'instaurarsi di abitudini che possono essere difficili da disinnescare: la mente tende a rispondere ai dispositivi secondo schemi predefiniti, anche quando il contesto richiederebbe maggiore attenzione o un cambiamento deliberato di comportamento.

Allo stesso tempo, l’automatizzazione rende la relazione con la tecnologia estremamente sensibile alle micro-variazioni progettuali. Una modifica apparentemente minima, la diversa posizione di un pulsante, la variazione di un suono di notifica, la modifica del ritmo di un feed, può generare temporaneamente disorientamento, perché interrompe la continuità degli schemi impliciti che sostenevano l’interazione. La mente deve allora “riapprendere” le logiche del sistema, ricostruendo nuove routine interpretative.

Questa dipendenza dagli automatismi rivela una dinamica ambivalente: da un lato rende l’esperienza più fluida ed efficiente, dall’altro può ridurre la consapevolezza critica, poiché molte scelte vengono eseguite senza passare attraverso processi deliberativi. L’interazione digitale diventa così un intreccio di micro-decisioni automatizzate che plasmano il comportamento quotidiano in modo pervasivo, spesso senza che l’utente sia pienamente consapevole di tali dinamiche.

Le tecnologie contemporanee non si limitano a presentare contenuti, ma interagiscono direttamente con le dimensioni emotive dell’utente. L’*affective computing*, introdotto da Rosalind Picard, propone dispositivi capaci di rilevare indicatori emotivi, dall’espressione facciale al battito cardiaco, e di generare risposte adattive (Daily et al, 2017). Questa dinamica trasforma le emozioni in segnali operativi, integrati nei processi di personalizzazione e regolazione dell’esperienza digitale. Allo stesso tempo, molte piattaforme utilizzano meccanismi di rinforzo emotivo per orientare la partecipazione: colori, like, badge, notifiche sonore e metriche sociali producono un ciclo di micro-ricompense che stimola forme di coinvolgimento spesso inconsapevoli, secondo logiche affini a quelle descritte da B. F. Skinner nel compor-

tamento condizionato (Skinner, 1965) e riprese oggi nell'ambito del design persuasivo (Fogg, 2002).

All'interno di questo ecosistema informativo, la mente è influenzata da una serie di bias cognitivi che si attivano spontaneamente nell'interpretazione dei contenuti digitali. Il *confirmation bias* porta gli individui a selezionare informazioni che confermano convinzioni preesistenti, amplificando gli effetti dei filtri algoritmici (Nickerson, 1998). L'*availability heuristic* induce a valutare la probabilità degli eventi sulla base della loro immediatezza mentale, rendendo più persuasivi contenuti altamente visibili o frequenti, indipendentemente dall'accuratezza (Tversky & Kahneman, 1973). Il *present bias* favorisce scelte orientate a gratificazioni rapide, sfruttate dalle architetture delle piattaforme che privilegiano interazioni veloci e cicli di ricompensa immediati (Laibson, 1997). Un ulteriore meccanismo rilevante è l'*automation bias*, la tendenza a sovrastimare l'affidabilità delle decisioni fornite da sistemi automatici o algoritmici, riducendo la propensione al controllo critico (Mosier & Skitka, 2018).

La mente, dunque, non è un osservatore neutrale del mondo digitale, ma un sistema interpretativo complesso che interagisce con segnali progettati per guidare attenzione, emozioni e decisioni. Nell'ecosistema Corpo–Mente–Tecnologia, i processi cognitivi superiori vengono modulati dalle architetture dell'informazione e dai meccanismi di interazione, contribuendo a ridefinire il modo in cui comprendiamo, ricordiamo e valutiamo ciò che viviamo. Questa modulazione non agisce soltanto sulla quantità di informazioni a cui siamo esposti, ma sulla forma cognitiva attraverso cui tali informazioni vengono organizzate: la mente tende a strutturare il pensiero seguendo le logiche dei

flussi digitali, sequenziali, rapidi, frammentati, che diventano modelli impliciti per interpretare anche fenomeni non tecnologici.

La costante esposizione a sistemi che suggeriscono percorsi, classificano contenuti o anticipano bisogni induce la mente a sviluppare un rapporto interpretativo meno esplorativo e più reattivo. Le decisioni non vengono prese in un vuoto cognitivo, ma in un ambiente che orienta la nostra capacità di giudizio mediante una serie di micro-vincoli e possibilità strutturate. L'effetto non si manifesta solo nell'immediatezza dell'interazione, ma si estende alle nostre pratiche cognitive più ampie: cambiano le modalità con cui formiamo opinioni, valutiamo l'affidabilità delle fonti, costruiamo narrazioni di noi stessi e degli altri.

Il modo in cui la mente valuta le situazioni viene influenzato dalle metriche digitali che accompagnano gran parte delle nostre attività: conteggi, grafici, indicatori di performance, livelli di attività, valutazioni sociali. Questi strumenti non si limitano a rappresentare fatti, ma concorrono a definire ciò che consideriamo significativo, misurabile, rilevante. La mente interiorizza tali criteri come parametri di orientamento, finendo spesso per valutare esperienze e relazioni attraverso griglie di lettura derivate dalle logiche della quantificazione digitale.

Anche la capacità riflessiva viene trasformata: la rapidità dei feedback e la circolarità dei sistemi di raccomandazione riducono gli spazi di sospensione e di elaborazione lenta, favorendo forme di pensiero immediato che tendono a privilegiare risposte rapide rispetto a valutazioni più articolate. Non si tratta di una semplice accelerazione, ma di un cambiamento nella struttura stessa dell'atto interpretativo: la mente si abitua a leggere il mondo come una serie di segnali da de-

codificare istantaneamente, anziché come uno spazio complesso che richiede tempo, ambiguità e confronto.

In questo quadro, ciò che comprendiamo non dipende più soltanto dalle nostre capacità individuali, ma dal modo in cui i sistemi digitali orchestrano l'esperienza cognitiva. La mente si trova così coinvolta in un processo di co-interpretazione costante, in cui la tecnologia non impone significati, ma li orienta, li rende più probabili o più immediatamente accessibili. La valutazione della realtà diventa il risultato di un'interazione continua tra predisposizioni cognitive e strutture tecniche: una cooperazione che, pur ampliando le nostre capacità interpretative, introduce nuove forme di dipendenza dai modelli computazionali che filtrano l'esperienza.

La tecnologia non è soltanto un insieme di strumenti che potenziano le capacità umane, ma una componente con cui l'essere umano co-evolve in modo continuo. Già Marshall McLuhan sosteneva che ogni tecnologia è un'estensione del corpo e della mente, capace di trasformare l'ambiente percettivo e i modelli culturali di una società (McLuhan, 1994). Questa intuizione trova oggi conferma nelle scienze cognitive e nei media studies, che concepiscono le tecnologie contemporanee come vere e proprie protesi cognitive e sensoriali, in grado di modificare le nostre modalità di pensare, pianificare e percepire. Andy Clark, ad esempio, descrive l'essere umano moderno come un *“natural-born cyborg”*, ossia un organismo predisposto a integrare stabilmente strumenti esterni nei propri processi cognitivi (Clark, 2004). Le tecnologie digitali funzionano così come supporti di memoria, sistemi di calcolo distribuito, filtri informativi o amplificatori sensoriali che influenzano la qualità e la struttura del nostro pensiero.

L'interazione uomo-macchina ha seguito una traiettoria che riflette questa crescente integrazione. Le prime interfacce grafiche (GUI), sviluppate tra gli anni Settanta e Ottanta, miravano a rendere l'esperienza computazionale visivamente comprensibile e manipolabile attraverso metafore familiari, come finestre, cartelle e icone (Johnson, 1997). Con l'affermazione degli schermi tattili e dei linguaggi di interazione gestuale, il rapporto con il dispositivo è diventato più diretto, immediato e incorporato. Oggi, con l'emergere dell'intelligenza artificiale, l'interazione non si limita più alla manipolazione di simboli, ma si estende alla comunicazione con sistemi capaci di apprendere, predire e rispondere in modo adattivo. Assistenti vocali, piattaforme intelligenti e sistemi di raccomandazione introducono nuove forme di cooperazione tra utente e macchina, basate su modelli probabilistici che anticipano bisogni e preferenze (Russell & Norvig, 2010).

Parallelamente, le tecnologie indossabili e immersive stanno ridefinendo i confini tradizionali tra interno ed esterno, tra percezione naturale e percezione mediata. Dispositivi wearable come smartwatch, sensori biometrici o fasce neurali trasformano il corpo in una sorgente continua di dati e feedback, generando nuove forme di monitoraggio di sé e di regolazione comportamentale (Lupton, 2016). Le tecnologie di realtà aumentata e realtà virtuale creano invece ambienti ibridi in cui la presenza fisica e quella digitale si sovrappongono, consentendo esperienze che modificano la percezione dello spazio, la coordinazione motoria e la rappresentazione di sé (Milgram & Kishino, 1994). Le neurotecnicologie, infine, introducono una soglia ancora più profonda di interazione: sistemi come brain-computer interfaces o neurofeedback registrano e manipolano segnali neurali, aprendo nuove pos-

sibilità operative ma anche interrogativi etici sulla permeabilità della mente (Nicolelis, 2025).

L'impatto di queste tecnologie non riguarda soltanto il comportamento osservabile, ma produce effetti neurologici, psicologici e sociali. Dal punto di vista neurologico, ricerche sull'uso prolungato dei dispositivi digitali mostrano che l'esposizione a certi pattern interattivi può modificare circuiti attentivi, processi di plasticità neurale e strategie di elaborazione (Small & Vorgan, 2008). A livello psicologico, fenomeni come l'auto-quantificazione, la comunicazione mediata e la costante presenza di feedback algoritmici influenzano il modo in cui costruiamo l'immagine di noi stessi, regoliamo le emozioni e prendiamo decisioni. Sul piano sociale, le tecnologie ridefiniscono relazioni, ruoli e dinamiche di potere, dando forma a nuove forme di coordinazione collettiva e nuove dipendenze dalle infrastrutture digitali (Castells, 2009).

In questo ambiente in continua trasformazione, l'essere umano non è soltanto un utente che impiega strumenti esterni, ma un attore immerso in un processo di co-evoluzione: la tecnologia modella le nostre capacità cognitive ed emotive, mentre noi, a nostra volta, modifichiamo e riorganizziamo le tecnologie attraverso l'uso, la cultura e le pratiche sociali. L'estensione tecnologica non è quindi un semplice aumento di potenza, ma una trasformazione del modo stesso in cui abitiamo il mondo, costruiamo conoscenza e immaginiamo il futuro.

Considerare corpo, mente e tecnologia come un ecosistema integrato significa riconoscere che questi elementi non operano in modo isolato, ma costituiscono un sistema dinamico caratterizzato da continui scambi di informazione, adattamento e co-organizzazione. Tale

prospettiva si avvicina alle teorie dei sistemi complessi, secondo cui i fenomeni cognitivi emergono dall’interazione di molteplici componenti in relazione reciproca. In questo senso, l’esperienza non può essere compresa come il risultato della somma di parti indipendenti, ma come un processo emergente che deriva dalle relazioni che tali parti instaurano tra loro. Come sostiene J. A. Scott Kelso, nei sistemi dinamici le proprietà collettive non sono riducibili ai singoli elementi, ma si manifestano attraverso configurazioni che si formano, si modificano e si dissolvono in risposta a cambiamenti interni o esterni (Kelso, 1995).

Applicata all’ecosistema Corpo–Mente–Tecnologia, questa prospettiva implica che ogni interazione introduce una perturbazione che modifica lo stato del sistema, generando nuovi equilibri o nuove forme di coordinazione. La mente interpreta segnali digitali, il corpo risponde con aggiustamenti percettivo-motori, la tecnologia restituisce feedback che a loro volta influenzano la dinamica complessiva: ciò crea un circuito continuo in cui variabili cognitive, somatiche e tecniche si modulano reciprocamente. Questa interdipendenza non è lineare, ma caratterizzata da fluttuazioni, stabilizzazioni temporanee e riorganizzazioni improvvise, analoghe ai processi di auto-organizzazione descritti nei modelli di coordinazione motoria e cognitiva. In questa ottica, comprendere il comportamento umano nell’era digitale significa osservare non solo le funzioni dei singoli elementi, ma soprattutto le configurazioni relazionali che emergono dalla loro integrazione (Kelso, 1995). In questo quadro, l’esperienza non è il risultato lineare di input che si sommano, ma un processo in evoluzione in cui ciascun elemento modula gli altri in tempo reale.

Una prima dinamica fondamentale è quella della retroazione continua, in cui il ciclo input - elaborazione - risposta non è un movimento unidirezionale, ma un flusso ricorsivo in cui ogni azione modifica il contesto e influenza la percezione successiva. Secondo Francisco Varela, i sistemi cognitivi sono caratterizzati da “circolarità operativa” e non da sequenze rigide di stimolo–risposta (Varela, 1999). Quando interagiamo con un dispositivo digitale, ad esempio, non ci limitiamo a ricevere informazioni: le nostre azioni generano nuovi stati del sistema (scroll, click, interazioni vocali), che a loro volta ridefiniscono ciò che viene percepito, in una catena continua di aggiustamenti reciproci. Questo ciclo di retroazione conferisce all’ecosistema una natura autoregolativa, in cui la tecnologia non è un’entità esterna, ma un attore che partecipa attivamente alla formazione dell’esperienza.

Una seconda dinamica è la co-regolazione, ovvero il processo attraverso cui corpo, mente e tecnologia si influenzano reciprocamente. In linea con la teoria dell’“organizzazione enattiva” di Thompson (Thompson, 2010), la co-regolazione implica che l’agente umano non si limita a reagire agli stimoli tecnologici, ma contribuisce alla configurazione del sistema attraverso l’intenzionalità, la selezione delle azioni e le interpretazioni che produce. Allo stesso tempo, gli artefatti digitali, attraverso notifiche, filtri, algoritmi, feedback personalizzati, plasmano l’attività mentale e comportamentale, orientando l’attenzione e modulando la disposizione emotiva. Questo processo non è né passivo né deterministico: emerge da una negoziazione continua tra capacità corporee, abitudini cognitive e affordance dei sistemi tecnici. Secondo Bruno Latour, nelle reti socio-tecniche umani e artefatti

partecipano congiuntamente alla produzione dell’azione, distribuendo funzioni e responsabilità (Latour, 2005).

Una terza dinamica riguarda la sincronizzazione tra dimensione fisica, cognitiva ed esperienziale, che si manifesta quando corpo, mente e tecnologia operano in un regime coordinato. La sincronizzazione non è soltanto temporale, ma qualitativa: implica l’allineamento tra gesti, processi mentali e risposte del sistema. Nelle neuroscienze, fenomeni di coordinazione mente–ambiente sono stati descritti attraverso il concetto di “dinamiche accoppiate”, in cui sistemi distinti entrano in oscillazione comune (Schmidt & Richardson, 2008). Questo avviene, ad esempio, durante l’interazione fluida con un’interfaccia, quando il ritmo dei movimenti si accorda con la risposta del dispositivo o quando un ambiente immersivo modula simultaneamente percezioni, orientamento spaziale e stato emotivo. In tali condizioni, l’esperienza emerge come un campo unitario, non scomponibile nei suoi singoli elementi.

Queste tre dinamiche—retroazione, co-regolazione, sincronizzazione—mostrano che l’ecosistema Corpo–Mente–Tecnologia non è la semplice somma delle sue parti, ma un sistema integrato in cui ogni componente acquisisce significato attraverso le relazioni che intrattiene con le altre. L’identità cognitiva e corporea dell’individuo viene così ridefinita non dall’uso della tecnologia in sé, ma dal modo in cui essa diventa parte di circuiti di interazione complessi, generando forme di esperienza che non sono né puramente biologiche né puramente tecniche, ma profondamente ibride.

## Bibliografia

- Carr, N. (2020). *The shallows: What the Internet is doing to our brains*. WW Norton & Company.

- Castells, M. (2009). *Communication power*: Oxford University Press. *Inc. New York, USA ISBN, 199567042, 9780199567041.*
- Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *analysis*, 58(1), 7-19.
- Clark, A., & Erickson, M. (2004). Natural-born cyborgs: Minds, technologies, and the future of human intelligence. *Canadian Journal of Sociology*, 29(3), 471.
- Daily, S. B., James, M. T., Cherry, D., Porter III, J. J., Darnell, S. S., Isaac, J., & Roy, T. (2017). Affective computing: historical foundations, current applications, and future trends. *Emotions and affect in human factors and human-computer interaction*, 213-231.
- Dourish, P. (2001). *Where the action is: the foundations of embodied interaction*. MIT press.
- Fogg, B. J. (2002). Persuasive technology: using computers to change what we think and do. *Ubiquity*, 2002(December), 2.
- Gallagher, S. (2006). *How the body shapes the mind*. Clarendon press.
- Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception.
- Ihde, D. (1990). *Technology and the lifeworld: From garden to earth* (No. 560). Indiana University Press.
- Ihde, D. (1995). *Postphenomenology: Essays in the postmodern context*. Northwestern University Press.
- Johnson, S. (1997). *Interface culture: How new technology transforms the way we create and communicate*. Harper San Francisco.
- Kelso, J. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. MIT press.
- Laibson, D. (1997). Golden eggs and hyperbolic discounting. *The Quarterly Journal of Economics*, 112(2), 443-478.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford university press.
- Lupton, D. (2016). *The Quantified Self*. Polity Press.
- Manovich, L. (2013). *Software takes command* (p. 376). Bloomsbury Academic.
- McLuhan, M. (1994). *Understanding media: The extensions of man*. MIT press.

- Merleau-Ponty, M. (1969). *Phénoménologie de la perception* (Vol. 216). Paris: Gallimard.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- Mosier, K. L., & Skitka, L. J. (2018). Human decision makers and automated decision aids: Made for each other?. In *Automation and human performance* (pp. 201-220). CRC Press.
- Nickerson, R. S. (1998). Confirmation bias: A ubiquitous phenomenon in many guises. *Review of general psychology*, 2(2), 175-220.
- Nicolelis, M. (2025). *Beyond Boundaries: the new neuroscience of connecting brains with machines and how it will change our lives*. Macmillan+ ORM.
- Norman, D. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic books.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence-A Modern Approach*, Third International Edition.
- Schmidt, R. C., & Richardson, M. J. (2008). Dynamics of interpersonal coordination. In *Coordination: Neural, behavioral and social dynamics* (pp. 281-308). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Skinner, B. F. (1965). *Science and human behavior* (No. 92904). Simon and Schuster.
- Small, G., & Vorgan, G. (2008). *iBrain: Surviving the technological alteration of the modern mind*. Harper Collins.
- Sparrow, B., Liu, J., & Wegner, D. M. (2011). Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. *science*, 333(6043), 776-778.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive psychology*, 5(2), 207-232.
- Varela, F.J., Evan, T., & Eleanor, R. (1991). The embodied mind: Cognitive science and human experience.
- Varela, F. J. (1999). *Ethical know-how: Action, wisdom, and cognition*. Stanford University Press.

**DAVIDE PERROTTA**

## **Ansia e Stress negli Ambienti di Apprendimento: Il Ruolo delle Misure Biometriche**

Il mondo educativo, scolastico e universitario, introduce fattori multidimensionali e riproduce dinamiche che si vivono quotidianamente nella società e nel contesto lavorativo. La paura del giudizio, il senso di competizione, l'esigenza di una performance adeguata, il mantenimento della motivazione, e molte altre variabili psicologiche e socioculturali sono comunemente coinvolte sia nel mondo educativo che in quello lavorativo. Non è un caso se spesso si considera la scuola come il campo di preparazione per affrontare il contesto lavorativo nell'età adulta. Non a caso, i costrutti di stress e ansia sono tipicamente discussi nella letteratura pedagogica in stretta correlazione, trattandosi di due reazioni emotive profondamente intessute nella vita quotidiana. Mentre lo stress può essere definito come una reazione a fattori stressogeni di vario genere, compreso il sovraccarico cognitivo, l'ansia è invece una risposta all'imprevedibilità degli eventi futuri. Inutile affermare che stress e ansia siano fortemente correlati; tuttavia, essi richiedono una valutazione diagnostica nonché una valutazione didattica differente.

Mentre lo stress può essere legato ad altri fattori, quali il burnout o la resilienza, i quali ci condurrebbero verso un altro discorso, l'ansia è invece un risvolto più profondo in quanto può facilmente interferire col corrente profitto scolastico, fino a condurre ai disturbi d'ansia.

Mentre lo stress può essere maggiormente tipico del mondo lavorativo, comprendendo anche la vita del docente, non è tuttavia facile definirlo patologico. La capacità di sopportare situazioni stressogene può infatti anche essere interpretata come un fattore fondamentale da gestire nel mondo scolastico, e quindi non sempre patogeno. Inoltre, lo stress può anche essere inteso come dipendente dalla regolazione emotiva e quindi dagli stati d'ansia. È infatti anche possibile affermare che lo stress sia un prodotto di basse capacità di regolazione degli stati d'ansia, quindi un effetto di quest'ultima. Questa interpretazione non è ovviamente lineare, dal momento che lo stress potrebbe anche dipendere da sovraccarichi cognitivi, oppure da fattori di burnout che non necessariamente sono di carattere ansiogeno. Mentre nella psicopatologia entrambi gli aspetti sono fortemente investigati, in termini di comorbilità con altri sintomi, all'interno del mondo scolastico essi sono di largo interesse per la valutazione della prestazione e del benessere dello studente.

In questo capitolo ci concentreremo sul costrutto d'ansia, dal momento che lo ritengo un fattore primario nel determinare il benessere scolastico, nonostante in letteratura pedagogica sia spesso discusso insieme ad altre variabili.

Morris e March (2004) definiscono l'ansia nel contesto scolastico in due modi: cognitiva, come previsione del fallimento, ed emotiva come percezione degli inneschi automatici. Entrambe le dimensioni

emotive sono state profondamente studiate in relazione a specifici segnali biometrici nel contesto psicopedagogico. Esistono studi su segnali fisici, indicatori biologici e recenti discussioni sul ruolo di ormoni come cortisolo e citochine (Kronfol and Remick, 2000)

Le applicazioni nel campo pedagogico di studi psicofisiologici o neuroscientifici sono, tuttavia, ancora limitate e in discussione. Nonostante ciò, sono state largamente riconosciute correlazioni tra punteggi d'ansia e successo accademico (Majeed et al., 2022), oltre a aver considerato questi aspetti come possibili cause o concuse della dispersione o dell'abbandono scolastico e relative conseguenze di comportamenti antisociali durante l'adolescenza. Un'altra tematica fondamentale nella letteratura psicopedagogica riguarda la valutazione e l'introduzione di ambienti virtuali, come la realtà virtuale e le stanze multisensoriali, che vengono spesso utilizzati in simbiosi con le tecnologie che discuteremo in questo capitolo. L'utilizzo combinato di queste varie tecnologie rispecchia un grande potenziale di utilizzo per la gestione degli stati di ansia nel contesto scolastico e universitario. Tuttavia, non entreremo nei dettagli tecnici, che saranno trattati in altra sede.

## **La valutazione di situazioni ansiogene nel contesto educativo**

Uno degli aspetti metodologici più problematici nello studio dell'ansia verte sulla capacità di riprodurre in laboratorio simili reazioni al fine di poterle esaminare manipolando le variabili coinvolte, oppure di poterle osservare nel contesto ambientale di interesse, come le scuole (e.g., Almarzouki, 2024). Mentre nel primo caso emergono

critiche epistemologiche di validità ecologica, nel secondo ci troviamo di fronte a problematiche metodologiche e difficoltà nel gestire variabili incontrollabili.

Di fronte a queste difficoltà, una delle tematiche aperte dalla letteratura concerne la possibilità di elicitare fattori ansiogeni o stressogeni, o “stressors”, in modo da poter simulare situazioni tipiche nel contesto scolastico o universitario (Whiting et al., 2021; Tafet, 2022), come l’ansia da esame, ma poterle esaminare in laboratorio. La simulazione di laboratorio cerca di riprodurre problematiche relative al mondo scolastico, sebbene essa possieda ovviamente degli svantaggi. Nonostante ciò, il tentativo di riprodurre condizioni standardizzate ci consente di dirigersi verso lo sviluppo di protocolli che potrebbero essere importati nelle scuole o nelle università in un secondo momento.

Un’ulteriore difficoltà dipende dalle con-cause che determinano gli stati d’ansia, dal momento che essi sono comunemente legati ad altri aspetti che non dipendono strettamente dalla performance esaminata, ma da fattori pregressi (come tratti di personalità, psicopatologie, disagi culturali o disturbi dell’apprendimento). La possibilità di elicitare in laboratorio situazioni ansiogene diviene quindi un fattore strategico da valutare accuratamente, tenendo conto delle moltissime variabili possibili.

Ad esempio, molti studi hanno valutato queste tematiche introducendo condizioni che richiedevano ai soggetti di svolgere compiti impegnativi di diverso grado e forma. È stato spesso richiesto di svolgere un compito di matematica a più livelli di difficoltà durante le acquisizioni di dati biometrici (Suzuki et al., 2024; Ekin et al., 2025), così come parlare in pubblico o utilizzare test cognitivi con gradi di

complessità crescenti per provocare sovraccarico cognitivo (cognitive load).

Mentre questi approcci sono tentativi di laboratorio di simulare condizioni ansiogene e stressogene artificiali, è possibile evincere facilmente che, a prescindere dalle tecniche sperimentali, nel mondo scolastico la presenza di condizioni ansiogene e stressogene, come interrogazioni e giudizi di performance di vario genere, è un evento quotidiano. Di conseguenza, la simulazione di laboratorio tenta fondamentalmente di riprodurre quanto nella scuola avviene quotidianamente e con maggiore intensità. È infatti possibile precisare che quanto si riesce a riprodurre in laboratorio, come situazioni artificiali, sarà sicuramente di minore intensità rispetto alla condizione sociale reale. Nonostante ciò, il dibattito sugli “stressors” o stimoli ansiogeni utilizzati nella ricerca sperimentale è molto vasto. Molti autori criticano l’utilizzo di situazioni di laboratorio, suggerendo di avviare questi studi in ambienti reali, come classi scolastiche e universitarie. Allo stesso tempo, ci si rende conto delle difficoltà nel controllo delle variabili e dell’alterazione della reale situazione di valutazione scolastica o dell’esame universitario.

C’è anche molta discussione critica sull’utilizzo di compiti ansiogeni e stressogeni che non necessariamente hanno carattere accademico. Ad esempio, come già detto, molti ricercatori utilizzano test cognitivi per affaticare lo studente prima delle varie acquisizioni di dati, ma questi tentativi potrebbero anche generare altre variabili che non riusciamo a controllare, come un sovraccarico di memoria di lavoro anziché un reale stress o ansia associabili a quelli realmente provocati dalla carriera scolastica o universitaria.

Problematiche simili le riscontrano i ricercatori che propongono di utilizzare compiti più attinenti all'ambiente scolastico, aprendo tuttavia il problema della poca validità ecologica (Neisser, 2014).

La richiesta di svolgere un compito di matematica in laboratorio non potrà facilmente indurre l'ansia realmente percepita nel contesto scolastico, laddove il voto inciderà sulla carriera dello studente, conducendo una dinamica affettiva che difficilmente può essere riprodotta artificialmente. Tuttavia, ci consente di studiare dinamiche emotive che saranno coinvolte nell'interrogazione reale.

## L'introduzione degli indicatori biometrici

Gli indicatori biometrici più diffusi nello studio dell'ansia sono molteplici e, per quanto si tratti di tecnologie apparentemente datate, esse rimangono ancora all'avanguardia, e aprono risvolti estremamente interessanti per lo studio di questi aspetti psicologici. Questi segnali denotano complesse dinamiche del sistema nervoso periferico e, in particolare, della sua componente autonoma.

Introduciamo qualche dettaglio sui meccanismi del sistema nervoso autonomo (SNA, Critchley and Garfinkel, 2015). Per chi non fosse interessato ai dettagli neurofisiologici, può tranquillamente riprendere la lettura dal prossimo paragrafo, dal momento che questi sono approfondimenti. Infatti, il punto fondamentale dell'argomentazione concerne la constatazione che, sebbene questi parametri rispecchino dinamiche dell'intero sistema nervoso estremamente complesse, il loro output può facilmente essere interpretato anche da persone non necessariamente esperte di neuroscienze. Di conseguenza, l'introduzione nel mondo scolastico può facilmente essere caldeghiata, rientrando

essa nel comune denominatore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC), sebbene non in senso strettamente didattico ma principalmente preventivo o di intervento.

Il sistema nervoso autonomo è composto dal sistema ortosimpatico, più comunemente definito simpatico, e dalla sua sezione parasympatica. Il bilanciamento dell'attivazione di questi due sistemi è un fattore fondamentale per l'adattamento ambientale, trattandosi di risposte psicofisiologiche strettamente correlate all'interazione col mondo esterno. Ovviamente, la mediazione tra il bilanciamento di questi due sistemi in relazione alle variabili ambientali richiede necessariamente il passaggio per il sistema nervoso centrale, il quale elabora le informazioni secondo diverse strutture anatomiche e circuiti sui cui dettagli non entriamo. In particolare, sono state diffusamente studiate le relazioni tra la corteccia frontale (PFC) e le risposte autonome (e.g., Beauchaine, 2015), dal momento che la PFC è senza dubbio la struttura cerebrale più importante in questo senso. In poche parole, possiamo facilmente postulare che nella PFC avvengano le ultime elaborazioni che accorpano segnali provenienti dalle varie sezioni del cervello, che inducono poi l'attivazione delle varie sezioni del SNA. Un segnale passa sicuramente per il nervo vago, il quale va a modulare l'attivazione del cuore, da cui estraiamo gli indici della frequenza cardiaca (HR) e della variabilità cardiaca (HRV). L'altra va ad attivare direttamente il sistema simpatico, il cui riflesso si può constatare attraverso la conduttanza cutanea (GSR o EDA, Nagai et al., 2019). Il bilanciamento del SNA di cui stiamo parlando può essere studiato in moltissime condizioni: a riposo, in fase di rilassamento o in situazioni stressogene o ansiogene. Sebbene si tratti perlopiù di condizioni di

laboratorio, è facilmente comprensibile che stiamo esaminando in piccolo ciò che avviene in grande nella classe scolastica o universitaria.

Nel contesto educativo inevitabilmente ci interessa maggiormente l'attivazione patogena della sezione ortosimpatica, comunemente denotata come il sistema di attacco o fuga, una definizione da cui facilmente si evince il suo ruolo nell'attivazione dell'organismo per finalità di sopravvivenza. Ovviamente, la scuola non ha nulla a che fare con la sopravvivenza, sebbene introduca fattori esistenziali comunque importanti, che facilmente conducono al malfunzionamento di questo sistema. Mentre l'ansia da prestazione può essere un fattore fondamentale a stimolare attenzione e concentrazione, l'iperattivazione di questo sistema, anche detta hyperarousal, può essere considerata come la causa degli stati ansiosi patogeni, o come la causa di vere e proprie diagnosi di disturbi d'ansia. Sebbene il disturbo d'ansia possa sembrare prettamente psichiatrico, il suo stretto legame con il funzionamento cognitivo è conclamato. L'interferenza emotiva è infatti uno dei processi emotivi più problematici da gestire nel contesto scolastico, dal momento che essa conduce a un'alterazione anche profonda delle funzioni cognitive più varie, da quelle esecutive a quelle mnestiche.

La considerazione della differenza tra una situazione reale di pericolo, la quale giustificherebbe l'attivazione di questo sistema, e una risposta esagerata e psicogena non può che dipendere da fattori psicologici e contestuali. Per questa ragione, il bilanciamento tra l'attivazione e l'inibizione di un sistema piuttosto che l'altro è comunemente riconosciuto come dovuto a fattori di valutazione cognitiva, anche definito come appraisal.

Bisogna anche specificare, però, che il sistema ortosimpatico è fondamentale per compiti cognitivi impegnativi, i quali richiedono facoltà di concentrazione e attenzione sostenuta. Per questa ragione è fondamentale considerare il contesto e lo stato mentale di attivazione.

Il sistema parasimpatico, invece, governa i principi contrari, ossia l'inibizione della maggior parte degli organi attivati dall'ortosimpatico, il quale ha maggiore importanza nello studio dello stress in contesti clinici.

In altre parole, sebbene i due sistemi neurofisiologici controllino funzioni opposte, un corretto funzionamento dell'organismo richiede uno specifico equilibrio tra l'attivazione di uno dei due.

Proponiamo una veloce panoramica sugli indicatori veri e propri, in modo da spiegare come sia fondamentalmente facilmente accessibile una loro interpretazione nel contesto educativo. L'indice ovviamente più semplice da leggere è il battito cardiaco per minuto, o frequenza cardiaca, ossia il numero di picchi che il muscolo cardiaco compie in un minuto, anche detto BPM. Consideriamo il presente indice come il più semplice, data il modo in cui i dati vengono estratti. Attraverso diverse tecniche, come la fotoplessiografia, il BPM viene estratto in maniera grezza a diverse frequenze di campionamento. Il suo calcolo in media o mediana in un determinato periodo è già un indice che ci informa sullo stato di attivazione ortosimpatica, laddove l'aumento o la diminuzione della frequenza cardiaca rispecchia principalmente gli input provenienti dall'ortosimpatico, quando la frequenza aumenta, e dal parasimpatico quando la frequenza diminuisce. In altre parole, ci aspetteremmo un aumento del BPM in situazioni stressogene o ansiogene, così come un BPM più elevato a riposo in caso di stress

prolungato o di disturbi d'ansia. Riteniamo questo indice come il più semplice dal momento che da esso possono esserne calcolati molti altri, tra cui soprattutto la variabilità cardiaca (Heart rate variability, o in breve HRV).

L'HRV è un indice fondamentale nella ricerca scientifica, nonché un ottimo modo per comprendere il funzionamento del sistema nervoso autonomo, assieme alle sue capacità di adattamento in situazioni ansiogene e stressogene. L'HRV dipende da entrambi i sistemi contemporaneamente, dal momento che si tratta della variabilità del battito cardiaco, la quale è modulata da entrambi i network periferici contemporaneamente, oltre che dal sistema nervoso centrale. Ad esempio, nel semplice atto di respirazione abbiamo l'attivazione di un sistema durante l'espirazione e dell'altro durante l'inspirazione. In termini interpretativi, vista la costante interazione tra questi due sistemi, avremo maggiore variabilità se entrambi i sistemi si alternano efficacemente, visto che, come spiegato, l'ortosimpatico accelera la frequenza cardiaca mentre il parasimpatico la rallenta.

I meccanismi dei due sistemi lavorano su scale temporali differenti, laddove il parasimpatico è mediamente più veloce. Questo aspetto è particolarmente interessante osservando il legame tra la respirazione e il suo possibile controllo volontario. Questo indice, per quanto apparentemente semplice, è determinato da dinamiche neurofisiologiche estremamente complesse

Ad esempio, l'Heart Rate Variability (HRV) è un indicatore legato a meccanismi della corteccia prefrontale, la quale invia segnali che attraverso il nervo vago attivano il cuore e influenzano il suo funzionamento.

## **L'introduzione degli indicatori biometrici per indagare i disturbi d'ansia come bisogni educativi speciali**

La crescente comprensione delle dinamiche neurali che sottendono specifici disturbi all'interno del contesto scolastico ha già prodotto risultati significativi, con importanti implicazioni nelle normative e nei supporti educativi per gli studenti con disturbi specifici dell'apprendimento (DSA). Ad esempio, l'identificazione delle alterazioni neurali e cognitive alla base della discalculia e della dislessia ha permesso di sviluppare strategie didattiche più mirate e personalizzate. Questo ha portato a una maggiore consapevolezza da parte degli educatori e dei professionisti scolastici riguardo alle difficoltà specifiche che gli studenti possono affrontare, migliorando così l'approccio educativo e favorendo interventi tempestivi e più efficaci. Visto l'attuale interesse per i disturbi psichiatrici all'interno della categoria dei bisogni educativi speciali (BES), l'introduzione di questo substrato teorico e dei suoi risvolti metodologici non può che aiutarci a proporre dei passi avanti nel dibattito educativo.

A prescindere dai dettagli esposti nel paragrafo precedente, è sufficiente ricapitolare che diversi indici biometrici sono facilmente ricavabili con hardware non molto costosi, e anche interpretabili senza eccessive complessità da parte di qualsiasi operatore o docente che abbia una media conoscenza delle risorse informatiche. Inoltre, è anche noto che questi sistemi possono essere integrati con interfacce grafiche che sostituiscono i parametri numerici, mostrando icone semplificate.

Ne consegue che nonostante l'estrema complessità della spiegazione e dell'interpretazione neurofisiologica di questi indicatori nel contesto scientifico, ci troviamo tuttavia di fronte a due chiari esempi di

possibile introduzione di risvolti tecnologici nel mondo scolastico dal punto di vista applicativo.

Per quanto riguarda l'HRV, la sua correlazione con i disturbi d'ansia è profondamente corroborata dalla ricerca neuroscientifica. Sebbene non sia semplice interpretare questi dati in un contesto multidimensionale come quello scolastico, è possibile, però, notare che molti strumenti psicometrici nati nel mondo educativo introducono scale di misurazione strettamente legate all'ansia come tratto di personalità. L'HRV a riposo potrebbe, ad esempio, essere un meccanismo psicofisiologico che si correla ai tratti di personalità riscontrati attraverso i suddetti strumenti psicometrici, così come la risposta o il cambiamento dell'HRV in condizioni ansiogene, come la maggiore o la minore capacità del cervello di modulare la risposta emotiva. Il forte interesse per la dimensione emotiva parla, a mio parere, a favore delle indagini dei meccanismi psicofisiologici presenti ma non esaminati nel contesto educativo.

Un'attenta valutazione di questi fattori potrebbe non solo aiutarci nella diagnostica che determina l'introduzione dei disturbi d'ansia all'interno della categoria dei BES, ma anche nella possibilità di introduzione di interventi preventivi o di supporto all'interno del mondo scolastico e universitario.

La conduttanza cutanea è un altro noto indicatore molto utilizzato, che consente di scorgere meccanismi del sistema nervoso autonomo difficilmente osservabili a livello comportamentale, da una prospettiva esterna, e spesso difficilmente propriocepiti anche dalla persona stessa. La conduttanza cutanea o il suo contrario, la resistenza cutanea, sono entrambi fattori innescati dai gangli periferici del sistema ner-

voso autonomo, che ci possono informare sulla risposta del sistema nervoso in tempo reale.

Con l'introduzione di questi parametri biometrici, assieme alle classiche valutazioni psicométriche, emerge un enorme potenziale da poter combinare con lo studio della manipolazione dell'ambiente di laboratorio.

La combinazione dei vari strumenti presentati potrebbe aprire un campo di ricerca innovativo, da valutare e sviluppare nel tempo. Ad esempio, l'utilizzo della realtà virtuale (Finseth et al., 2024) o delle stanze Snoezelen (Hogg et al., 2001) potrebbe essere utilizzato per replicare brevi sessioni di situazioni che potrebbero ricordare quanto accade durante la carriera scolastica. Molti studenti riportano paura del giudizio durante l'interrogazione o l'esame (Wang et al., 2022), il che potrebbe essere simulato introducendo filmati in realtà virtuale in cui vengono proiettate persone che osservano il soggetto, chiedendo contemporaneamente di svolgere un compito verbale, come raccontare una storia o riassumere un testo. L'acquisizione dei parametri fisiologici in questa fase, assieme alla valutazione comportamentale del compito svolto, potrebbe offrirci degli indicatori fisiologici che ci aiutino a capire come sviluppare o migliorare gli interventi. In seguito, questi studenti potrebbero essere sottoposti a interventi di rilassamento, utilizzando la stanza multisensoriale.

### **La figura del docente di fronte alle nuove tecnologie sulla gestione dell'ansia**

Nel nuovo DPCM del 10 febbraio 2021, sono stati introdotti numerosi valori epistemologici per valutare il ruolo del docente di fronte

alle sfide tecnologiche e culturali emergenti, nonché alle competenze trasversali richieste. In particolare, il decreto ha guidato la formazione dei nuovi percorsi abilitanti, stabilendo le competenze che il docente deve acquisire, tra cui quelle tecnologiche. Molti di questi valori implicano competenze psicopedagogiche complesse, che potrebbero non essere facilmente acquisite da tutti gli insegnanti. Le resistenze attuali nei confronti dell'intelligenza artificiale, infatti, si inseriscono in questo contesto, che, a mio parere, segue un percorso simile a quello discusso in questo articolo riguardo all'introduzione delle nuove tecnologie nel mondo scolastico.

Le politiche sull'inclusione, a loro volta, stanno lavorando sulla possibilità degli studenti di vario genere di poter vivere il mondo scolastico nonostante le difficoltà personali. I disturbi d'ansia rientrano proprio tra le condizioni BES, e la loro gestione da parte di una figura professionale non necessariamente formata dal punto di vista psicologico, scientifico e tecnologico non è sempre lineare e semplice.

Con lo sviluppo della ricerca neuroeducativa, non escludiamo che alcuni studenti possano richiedere volontariamente delle valutazioni speciali. Ad esempio, si potrebbe richiedere l'utilizzo di acquisizioni in tempo reale di GSR. Si potrebbero stabilire delle soglie di risposta cutanea oltre le quali si definisce uno stato psicofisiologico di *hyper-arousal*, che giustificherebbe il diritto dello studente di interrompere l'interrogazione o il compito senza subire penalizzazioni nella valutazione, almeno temporaneamente, fino a quando le condizioni non tornano a uno stato basale. In caso di crisi, lo studente potrebbe beneficiare di interventi di vario tipo, mirati a supportarlo nel ripris-

tinare una condizione di equilibrio (Jamieson et al., 2016; Roos et al., 2021).

Questo potrebbe sembrare una proposta utopica, tuttavia richiederebbe la formazione di figure già presenti nel mondo scolastico o eventualmente la collaborazione con figure sanitarie. Questo aspetto ci consentirebbe di preservare la valutazione dello studente dal punto di vista contenutistico e cognitivo, non penalizzandolo nel caso in cui vi sia un disturbo nella regolazione delle emozioni.

Per quanto la scuola prepari al mondo del lavoro, è possibile mettere in discussione la valutazione di una persona dovuta a fattori non strettamente educativi ma fortemente personali. Come noto, un'incapacità nella regolazione delle emozioni non dipende dal percorso di studio, ma dai pregressi dello sviluppo, dai tratti di personalità nonché dai fattori familiari e genetici. Ciò non esclude che lo studente debba lavorare su questi aspetti, faticando anche più di altri, ma dovrà allo stesso tempo essere seguito e coadiuvato nell'apprendimento della regolazione emotiva

L'introduzione delle neuroscienze educative non deve dunque essere vista come una sostituzione della visione classica del docente e delle sue abilità didattiche, ma come un accompagnamento tecnologico e scientifico di cui sia il docente che il discente possano liberamente usufruire quando lo ritengano necessario.

Il docente stesso può proporre l'introduzione di questi sostegni interdisciplinari, senza che la sua competenza didattica venga messa in discussione.

Analogamente, l'introduzione di misure di intervento apparentemente futuristiche, come la realtà virtuale e le stanze multisensoriali,

riali, può essere integrata nel sistema scolastico come tecnologia di emergenza o di pianificazione didattica. Anche in questo caso, non è necessario imporre queste tecniche come sostituti della didattica tradizionale, ma proporle nel caso di condizioni che richiedono maggiore attenzione, dovendo essere viste come un supporto piuttosto che come una minaccia.

## Bibliografia

- Almarzouki, A. F. (2024). Stress, working memory, and academic performance: a neuroscience perspective. *Stress*, 27(1), 2364333.
- Beauchaine, T. P. (2015). Respiratory sinus arrhythmia: A trans-diagnostic biomarker of emotion dysregulation and psychopathology. *Current opinion in psychology*, 3, 43-47.
- Critchley, H. D., & Garfinkel, S. N. (2015). Interactions between visceral afferent signaling and stimulus processing. *Frontiers in neuroscience*, 9, 286.
- Ekin, M., Krejtz, K., Duarte, C., Duchowski, A. T., & Krejtz, I. (2025). Prediction of intrinsic and extraneous cognitive load with oculometric and biometric indicators. *Scientific Reports*, 15(1), 5213.
- Finseth, T. T., Smith, B., Van Steenis, A. L., Glahn, D. C., Johnson, M., Ruttle, P., ... & Shirtcliff, E. A. (2024). When virtual reality becomes psychoneuroendocrine reality: A stress (or) review. *Psychoneuroendocrinology*, 166, 107061.
- Hogg, J., Cavet, J., Lambe, L., & Smeddle, M. (2001). The use of 'Snoezelen' as multisensory stimulation with people with intellectual disabilities: a review of the research. *Research in developmental disabilities*, 22(5), 353-372.

Jamieson, J. P., Peters, B. J., Greenwood, E. J., & Altose, A. J. (2016). Reappraising stress arousal improves performance and reduces evaluation anxiety in classroom exam situations. *Social Psychological and Personality Science*, 7(6), 579-587.

Kronfol, Z., & Remick, D. G. (2000). Cytokines and the brain: implications for clinical psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, 157(5), 683-694.

Majeed, S., Munir, M., & Malik, K. (2022). Academic self efficacy, social anxiety and academic success in university students. *Pakistan Languages and Humanities Review*, 6(3), 69-81.

Morris, T. L., & March, J. S. (Eds.). (2004). *Anxiety disorders in children and adolescents*. Guilford Press.

Nagai, Y., Jones, C. I., & Sen, A. (2019). Galvanic skin response (GSR)/electrodermal/skin conductance biofeedback on epilepsy: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in neurology*, 10, 377.

Neisser, U. (2014). *Cognitive psychology: Classic edition*. Psychology press.

Roos, A. L., Goetz, T., Voracek, M., Krannich, M., Bieg, M., Jarrell, A., & Pekrun, R. (2021). Test anxiety and physiological arousal: A systematic review and meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 33(2), 579-618.

Tafet, G. E. (2022). Neuroscience of stress. *Neuroscience of Stress*.

Suzuki, Y., Wild, F., & Scanlon, E. (2024). Measuring cognitive load in augmented reality with physiological methods: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(2), 375-393.

- Wang, X., Zhang, J., Sun, X., & Zhang, L. (2022). Stress mindset and mental health status among Chinese high school students: The mediating role of exam stress appraisals. *PsyCh journal*, 11(6), 904-912.
- Whiting, S. B., Wass, S. V., Green, S., & Thomas, M. S. (2021). Stress and learning in pupils: Neuroscience evidence and its relevance for teachers. *Mind, Brain, and Education*, 15(2), 177-188.

## **Parte III**

### **Oltre l'Aula: orizzonti per una nuova educazione**



**STEFANIA MORSANUTO**

## **Ripensare l'apprendimento alla luce della complessità sensoriale**

Negli ultimi decenni, il dibattito pedagogico e neuroscientifico ha messo progressivamente in discussione una visione dell'apprendimento inteso come processo esclusivamente cognitivo, astratto e indipendente dal corpo e dall'ambiente. Le evidenze provenienti dalle neuroscienze cognitive, affettive e sociali, dalla psicologia dello sviluppo e dalla pedagogia inclusiva convergono oggi nel riconoscere che apprendere è un processo complesso, situato, incarnato e profondamente influenzato dalla dimensione sensoriale ed emotiva dell'esperienza. In questa prospettiva, l'ambiente di apprendimento non può più essere considerato uno sfondo neutro, ma assume il ruolo di mediatore attivo dei processi cognitivi, attentivi e regolativi. Variabili quali luce, rumore, disposizione degli spazi, materiali, possibilità di movimento e qualità sensoriale incidono direttamente sulla capacità degli studenti di mantenere uno stato di attivazione compatibile con l'apprendimento intenzionale. Allo stesso modo, la ricerca ha mostrato come la regolazione emotiva preceda e condizioni la prestazione: senza un adeguato equilibrio tra attivazione e sicurezza, le funzioni esecutive e la memoria di lavoro risultano compromesse, indipendentemente dal

livello di competenza posseduto. L'approccio dell'*embodied cognition* ha fornito un contributo teorico decisivo a questo ripensamento, dimostrando che la cognizione emerge dall'interazione dinamica tra corpo, ambiente e azione. In tale quadro, la sensorialità non rappresenta un semplice canale di accesso alle informazioni, ma una dimensione costitutiva del pensiero e della costruzione del significato. Apprendere significa dunque coinvolgere reti cognitive, corporee ed emotive integrate, attraverso esperienze che attivano più modalità di rappresentazione e di codifica. Questa visione si intreccia in modo significativo con il paradigma della neurodiversità, che invita a leggere le differenze sensoriali, cognitive ed emotive allevandole da una prospettiva esclusivamente deficit-oriented. Le variazioni nei profili sensoriali — particolarmente evidenti in studenti con BES, DSA, ADHD o nello spettro autistico — non costituiscono anomalie da correggere, ma modalità di funzionamento che interrogano la progettazione degli ambienti e delle pratiche educative. In tal senso, molte difficoltà di apprendimento e di partecipazione emergono non dalle caratteristiche dello studente, ma dall'incontro tra tali profili e contesti didattici uniformanti e poco regolativi. Alla luce di questa complessità, emerge la necessità di ripensare sia il ruolo dell'insegnante, chiamato a diventare progettista di esperienze educative significative, sia gli strumenti della progettazione educativa. Approcci didattici attivi, laboratoriali e cooperativi, insieme ai principi dell'*Universal Design for Learning* (UDL), offrono una cornice teorico-operativa capace di rispondere alla variabilità sensoriale e cognitiva fin dalla fase di progettazione, evitando interventi tardivi e frammentati. In questo contesto si colloca l'esperienza e la proposta del laboratorio RENLAB dell'Università

Pegaso, che ha sviluppato e sperimentato l'idea di PDP e PEI in chiave sensoriale come dispositivi progettuali innovativi. Tali strumenti, già applicati in differenti casi studio, hanno mostrato come un'attenzione sistematica alla dimensione sensoriale possa produrre miglioramenti significativi negli apprendimenti, nella performance scolastica e nel benessere emotivo. Un dato particolarmente rilevante è che i benefici osservati non si limitano al singolo studente con BES, ma si estendono all'intero gruppo classe, contribuendo a innalzare la qualità dell'offerta formativa e il clima educativo complessivo. Il presente lavoro si inserisce dunque in questa cornice teorica e applicativa, con l'obiettivo di esplorare come la progettazione sensoriale, la regolazione emotiva, la flessibilità degli ambienti e l'adozione di strumenti inclusivi possano costituire leve fondamentali per un'educazione equa, accessibile e scientificamente fondata. Ripensare l'apprendimento alla luce della complessità sensoriale non significa aggiungere strategie, ma trasformare il modo stesso di concepire l'insegnamento, l'inclusione e il benessere nei contesti educativi.

## **La complessità sensoriale come paradigma interpretativo**

Il concetto di complessità sensoriale rimanda a una visione sistematica dell'esperienza percettiva, intesa come integrazione continua di stimoli visivi, uditivi, tattili, propriocettivi, vestibolari e interocettivi. Secondo Morin (2001), la complessità non può essere ridotta a una somma di parti, ma va compresa come rete di relazioni dinamiche e interdipendenti. Applicata ai processi di apprendimento, tale prospettiva consente di superare approcci lineari e riduzionistici, valorizzando

la pluralità dei canali sensoriali e la loro interazione con i processi cognitivi ed emotivi.

Le neuroscienze cognitive hanno dimostrato come il cervello funzioni secondo una logica di integrazione multisensoriale, in cui le informazioni provenienti dai diversi sistemi sensoriali vengono elaborate in modo simultaneo e interconnesso (Stein & Stanford, 2008). Questo dato mette in discussione modelli didattici fondati prevalentemente sulla trasmissione verbale e simbolica dei contenuti, sollecitando una riflessione critica sulle pratiche educative tradizionali. Parlare di complessità sensoriale significa spostare lo sguardo dall'idea ingenua che "i sensi registrano il mondo" a una prospettiva più realistica: la percezione è un processo attivo di costruzione, in cui il soggetto organizza e attribuisce significato agli stimoli a partire dal proprio corpo, dalla propria storia, dallo stato emotivo e dal contesto. L'esperienza percettiva non è quindi la somma di canali separati (vista, udito, tatto...), ma un sistema integrato in continua regolazione.

In questa visione, l'apprendimento va inteso come **evento situato e multilivello**, in cui intervengono contemporaneamente:

- la dimensione **esterocettiva** (stimoli visivi, uditivi, tattili);
- la dimensione **propriocettiva** (informazioni su postura, tono muscolare, posizione del corpo nello spazio);
- la dimensione **vestibolare** (equilibrio, orientamento, accelerazioni);
- la dimensione **interocettiva** (segnali interni: battito, respiro, fame, tensione, "sensazione di allarme" o calma).

Questi sistemi non operano “a turni”: si co-determinano, e la qualità della loro integrazione incide direttamente su attenzione, regolazione emotiva, memoria di lavoro e capacità di partecipazione.

Qui il riferimento a Morin (2001) diventa particolarmente fecondo: la complessità non si lascia comprendere con un approccio che scomponga il fenomeno in parti indipendenti, perché l’essenziale sta nelle relazioni dinamiche tra le parti. Applicato alla didattica, ciò implica che la variabilità degli esiti (comprensione, motivazione, comportamento, prestazione) non dipende solo dal “contenuto” o dal “metodo”, ma dall’interazione tra: ambiente sensoriale, richieste del compito, condizioni emotive, ritmo, aspettative sociali, forme di mediazione dell’adulto e caratteristiche individuali dello studente.

Le neuroscienze cognitive confermano questa impostazione: il cervello lavora secondo una logica di integrazione multisensoriale, in cui gli stimoli vengono elaborati in modo simultaneo e connesso, generando una rappresentazione unitaria dell’esperienza (Stein & Stanford, 2008). Non si tratta solo di “mettere insieme” i sensi, ma di pesare e selezionare le informazioni disponibili: a seconda del contesto e dello stato interno, un canale può diventare dominante, oppure può essere attenuato. È il motivo per cui, ad esempio, in condizioni di stress o sovraccarico, anche stimoli ordinari (rumori, luci, contatti) possono diventare intrusivi, riducendo la disponibilità cognitiva per il compito.

Questa prospettiva mette in discussione modelli didattici ancora diffusi, centrati quasi esclusivamente su linguaggio verbale, simboli, astrazione e prestazione “seduta”. Se l’apprendimento è anche corporeo e sensoriale, allora non basta spiegare meglio: occorre progettare contesti sensorialmente intelligenti. Ciò comporta almeno tre

conseguenze pedagogiche: (1) la qualità dell’ambiente è parte del curricolo, (2) la regolazione viene prima della prestazione, (3) la pluralità dei canali è una risorsa didattica.

## **La qualità dell’ambiente come parte integrante del curricolo**

La qualità dell’ambiente di apprendimento non può più essere considerata un semplice “sfondo” neutro dell’azione didattica. Numerose ricerche dimostrano che fattori quali luce, rumore, densità di persone, odori, disposizione degli spazi, possibilità di movimento e ritmo della lezione incidono in modo diretto sui processi cognitivi, emotivi e relazionali degli studenti. Per questo motivo, l’ambiente deve essere riconosciuto come una vera e propria variabile didattica, parte integrante del curricolo e della progettazione educativa. La luce, ad esempio, influisce significativamente sull’attenzione e sul benessere psicofisico. Studi di neuropsicologia e psicologia ambientale evidenziano come la luce naturale favorisca la vigilanza, migliori l’umore e sostenga le funzioni esecutive, mentre un’illuminazione artificiale inadeguata può aumentare affaticamento e calo dell’attenzione (Küller et al., 2006). Una ricerca condotta da Barrett et al. (2015) su oltre 3.700 studenti ha mostrato che la qualità dell’illuminazione, insieme ad altri fattori ambientali, può influenzare fino al 16% dei progressi di apprendimento in un anno scolastico. Anche il rumore rappresenta una variabile critica. Ambienti scolastici rumorosi compromettono la comprensione del linguaggio, la memoria di lavoro e la capacità di concentrazione, soprattutto nei bambini più piccoli e negli studenti con bisogni educativi speciali (Shield & Dockrell, 2003). Il rumore cronico non è solo una fonte di distrazione, ma un vero e proprio fattore di stress cognitivo

che ostacola l’elaborazione delle informazioni verbali e la partecipazione attiva. La densità di persone e la percezione di sovraffollamento incidono sul clima emotivo e relazionale della classe. Secondo la psicologia ambientale, ambienti percepiti come troppo affollati possono generare ansia, irritabilità e comportamenti di ritiro o di opposizione, riducendo la disponibilità all’apprendimento collaborativo (Evans & Wachs, 2010). In questo senso, la gestione dello spazio non è solo una questione logistica, ma pedagogica.

Un ruolo spesso sottovalutato è svolto anche dagli odori e dalla qualità dell’aria. Una cattiva ventilazione è associata a riduzioni delle prestazioni cognitive e a un aumento della sonnolenza (Wargocki et al., 2000). Il corpo, prima ancora della mente, segnala condizioni ambientali che possono facilitare o ostacolare l’apprendimento. La disposizione dei banchi e la possibilità di movimento incidono sulle dinamiche didattiche e relazionali. Disposizioni flessibili favoriscono l’interazione, la cooperazione e metodologie attive, mentre assetti rigidi rinforzano modelli trasmissivi e passivi. Le neuroscienze educative mostrano come il movimento sia strettamente connesso ai processi cognitivi: l’apprendimento è incarnato (*embodied cognition*) e beneficia di pause attive, cambi di postura e attività che coinvolgono il corpo (Glenberg, 2010). Infine, il ritmo della lezione è una variabile ambientale e temporale fondamentale. Ritmi troppo serrati o, al contrario, eccessivamente lenti possono compromettere l’attenzione e la motivazione. La teoria del carico cognitivo (Sweller, 1988) evidenzia come l’organizzazione del tempo e delle attività debba tenere conto delle capacità di elaborazione degli studenti, alternando momenti di concentrazione, riflessione e recupero. In conclusione, considerare

l’ambiente come parte del curricolo significa riconoscere che l’apprendimento non avviene nel vuoto, ma in un ecosistema complesso in cui corpo, mente e contesto interagiscono continuamente. Progettare consapevolmente le condizioni ambientali equivale a progettare opportunità di comprensione, partecipazione e inclusione. La qualità dell’ambiente diventa così una responsabilità pedagogica, non un dettaglio accessorio.

## **La regolazione come prerequisito della prestazione**

Nel dibattito educativo contemporaneo sta emergendo con crescente chiarezza un principio fondamentale: la regolazione viene prima della prestazione. L’apprendimento e la dimostrazione delle competenze non dipendono esclusivamente dal possesso di conoscenze o abilità, ma dalla capacità dello studente di mantenere un adeguato livello di regolazione neurofisiologica, attentiva ed emotiva. Quando l’ambiente di apprendimento genera sovraccarico sensoriale o iperattivazione, lo studente può “non rendere” non perché non sappia, ma perché non riesce a stabilizzare attenzione, controllo inibitorio e memoria di lavoro. Le neuroscienze affettive e cognitive mostrano come i processi di apprendimento siano fortemente dipendenti dallo stato di attivazione del sistema nervoso. Secondo la teoria della finestra di tolleranza (Siegel, 1999), esiste un intervallo ottimale di attivazione entro il quale l’individuo riesce a integrare informazioni, riflettere e agire in modo intenzionale. Stati di iperattivazione (ansia, agitazione, stress) o ipoattivazione (apattia, disconnessione) compromettono il funzionamento delle aree corticali deputate alle funzioni esecutive, favorendo risposte impulsive o di ritiro (Arnsten, 2009). In condizioni di

stress o sovraccarico sensoriale, il cervello tende infatti a privilegiare circuiti subcorticali di sopravvivenza a scapito delle funzioni cognitive superiori. Studi di neurobiologia dello stress evidenziano come un'eccessiva attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene e un aumento del cortisolo interferiscono con attenzione sostenuta, flessibilità cognitiva e memoria di lavoro (McEwen & Morrison, 2013). In ambito scolastico, ciò si traduce in difficoltà di concentrazione, errori apparentemente "banali" e comportamenti disfunzionali che possono essere erroneamente interpretati come mancanza di impegno o di competenze. In questa prospettiva, le strategie di regolazione ambientale e didattica non costituiscono facilitazioni indebite, ma condizioni di accesso all'apprendimento. Le pause brevi e frequenti, ad esempio, sono supportate da evidenze che mostrano come l'attenzione abbia un andamento oscillatorio e benefici di momenti di recupero fisiologico (Rosen, Lim, Smith & Barstead, 2011). Le pause di movimento o di decompressione sensoriale contribuiscono a ristabilire un livello di attivazione ottimale, migliorando la qualità della prestazione successiva. Le routine prevedibili svolgono una funzione regolativa fondamentale. La prevedibilità riduce l'incertezza, abbassa il carico cognitivo e favorisce un senso di sicurezza che sostiene l'autoregolazione emotiva (Perry, 2006). In particolare, per studenti con vulnerabilità neurodivergenti o con storie di stress, la struttura non limita, ma libera risorse cognitive utilizzabili per l'apprendimento. Analogamente, la riduzione degli stimoli competitivi e distraenti (rumore, sovraffollamento visivo, pressioni valutative eccessive) permette di contenere l'iperattivazione e di sostenere l'attenzione selettiva. La teoria del carico cognitivo (Sweller, 1988) evidenzia come stimoli non perti-

nenti aumentino il carico estraneo, sottraendo risorse ai processi di apprendimento significativi. Infine, la possibilità di modulare l'ingaggio — attraverso scelte, tempi flessibili, livelli graduati di partecipazione — favorisce l'autoregolazione e il senso di controllo. La Self-Determination Theory (Deci & Ryan, 2000) mostra come l'autonomia percepita sia strettamente legata alla motivazione intrinseca e alla persistenza nel compito, soprattutto in contesti complessi o emotivamente sfidanti. In conclusione, riconoscere che la regolazione precede la prestazione implica un cambio di paradigma: il comportamento e il rendimento non sono semplici indicatori di volontà o competenza, ma segnali dello stato di funzionamento dello studente in relazione all'ambiente. Strategie come pause, routine, riduzione degli stimoli e modulazione dell'ingaggio non rappresentano concessioni o abbassamenti delle aspettative, ma interventi pedagogicamente fondati che rendono possibile l'accesso equo e autentico all'apprendimento.

## **La pluralità dei canali come risorsa didattica**

La didattica tradizionale ha spesso privilegiato il canale verbale e simbolico, affidando l'apprendimento quasi esclusivamente all'ascolto e alla lettura. Tuttavia, la ricerca cognitiva e neuroscientifica mostra con chiarezza che la pluralità dei canali rappresenta una risorsa strutturale dell'apprendimento, non un semplice arricchimento estetico o motivazionale. Integrare gesti, immagini, oggetti, mappe, attività motorie, dimostrazioni, manipolazione e simulazioni significa allineare l'insegnamento al funzionamento naturale della mente umana, che apprende attraverso sistemi multipli di rappresentazione, codifica e recupero. Uno dei fondamenti teorici di questo approccio è

la Dual Coding Theory di Allan Paivio (1971, 1986), secondo cui le informazioni vengono elaborate attraverso due sistemi parzialmente indipendenti: uno verbale e uno non verbale (visivo-immaginativo). Quando un contenuto è presentato sia in forma linguistica sia visiva o motoria, aumentano le probabilità di una codifica più robusta e di un recupero più efficace. Non si tratta di “abbellire” la spiegazione, ma di creare tracce mnestiche multiple, che si sostengono reciprocamente. A questa prospettiva si collega la teoria dell’apprendimento multimediale di Richard Mayer (2001, 2009), che dimostra come l’integrazione coordinata di parole, immagini e azioni migliori la comprensione profonda, a condizione che i diversi canali siano coerenti e funzionali allo stesso obiettivo cognitivo. L’apprendimento è più efficace quando lo studente può costruire connessioni tra rappresentazioni diverse dello stesso concetto, attivando processi di integrazione e organizzazione delle informazioni. Le neuroscienze cognitive confermano che l’apprendimento non è confinato a un’unica area cerebrale, ma coinvolge reti distribuite che integrano percezione, azione, emozione e linguaggio. Le ricerche sull’embodied cognition mostrano che il pensiero è profondamente radicato nell’esperienza corporea: gesti, movimenti e interazioni con oggetti concreti contribuiscono alla costruzione dei concetti, anche astratti (Glenberg, 2010; Barsalou, 2008). Ad esempio, l’uso di gesti durante l’insegnamento e l’apprendimento è associato a una migliore comprensione e a una maggiore stabilità delle conoscenze nel tempo (Goldin-Meadow, 2014). Le attività di manipolazione e simulazione permettono inoltre di trasformare informazioni astratte in esperienze significative. Studi sull’apprendimento attivo evidenziano che l’interazione diretta con materiali e modelli favorisce l’elaborazi-

one profonda e la trasferibilità delle conoscenze (Chi & Wylie, 2014). In questo senso, mappe concettuali, oggetti, modelli fisici e simulazioni digitali non sono supporti accessori, ma strumenti cognitivi che estendono le capacità di ragionamento dello studente. Dal punto di vista della memoria, la pluralità dei canali favorisce sia la codifica elaborativa sia il recupero. La teoria dei livelli di elaborazione (Craik & Lockhart, 1972) mostra che informazioni elaborate in modo più ricco e interconnesso sono più facilmente ricordate. Avere accesso a più vie di richiamo — visive, motorie, spaziali, verbali — aumenta la probabilità di recupero, soprattutto in contesti complessi o sotto carico cognitivo. Questa prospettiva è coerente anche con i principi dell’Universal Design for Learning (UDL), che promuove la molteplicità dei mezzi di rappresentazione come condizione di accesso equo all’apprendimento (CAST, 2018). Offrire più canali non significa adattare “per qualcuno”, ma progettare fin dall’inizio ambienti didattici che rispettino la variabilità cognitiva e sensoriale degli studenti. In conclusione, la pluralità dei canali non è una strategia di intrattenimento, ma una scelta didattica scientificamente fondata. Integrare linguaggi diversi significa sfruttare il modo in cui la mente apprende: attraverso reti multiple, esperienze incarnate e connessioni tra rappresentazioni. In questa chiave, la ricchezza dei canali diventa una leva per la comprensione profonda, la memoria duratura e la partecipazione significativa. In sintesi, assumere la complessità sensoriale come paradigma interpretativo consente di leggere l’apprendimento come fenomeno ecologico: non avviene “nella testa” isolata, ma nel sistema corpo–ambiente–relazioni. Questa cornice non nega l’importanza dei contenuti e del pensiero astratto; piuttosto, ricorda che la conoscenza,

per diventare stabile e trasferibile, ha bisogno di condizioni sensoriali e relazionali che la rendano accessibile, abitabile e significativa. Le evidenze provenienti dalla ricerca pedagogica, psicologica e neuroscientifica convergono su un punto essenziale: l'apprendimento non è un processo astratto né esclusivamente cognitivo, ma un fenomeno situato, regolato e multimodale, che emerge dall'interazione dinamica tra individuo, ambiente e proposta didattica. Considerare separatamente questi elementi significa perdere di vista la complessità reale dei contesti educativi; integrarli, invece, consente di progettare condizioni autentiche di accesso al sapere. La qualità dell'ambiente di apprendimento si configura come una componente strutturale del curricolo. Luce, rumore, organizzazione dello spazio, possibilità di movimento e gestione del tempo non sono variabili neutre, ma fattori che modulano l'attivazione neurofisiologica, l'attenzione e il benessere emotivo degli studenti. In questa prospettiva, l'ambiente non "contiene" semplicemente l'apprendimento, ma lo co-determina, influenzando direttamente la disponibilità cognitiva e relazionale necessaria per comprendere e partecipare. Allo stesso modo, la regolazione emerge come prerequisito imprescindibile della prestazione. Prima di poter dimostrare ciò che sanno, gli studenti devono trovarsi in uno stato di attivazione compatibile con il funzionamento delle funzioni esecutive e della memoria di lavoro. Le difficoltà di rendimento, pertanto, non possono essere interpretate esclusivamente come deficit di competenza o di motivazione, ma come segnali di uno squilibrio tra richieste ambientali e capacità di autoregolazione. Strategie quali pause, routine prevedibili, riduzione degli stimoli competitivi e possibilità di modulare l'ingaggio si configurano così non come concessioni, ma

come condizioni neurocognitive di base per l'apprendimento intenzionale. In questo quadro, la pluralità dei canali di accesso ai contenuti rappresenta una leva didattica fondamentale. L'integrazione di linguaggi verbali, visivi, corporei e manipolativi risponde al modo in cui la mente apprende: attraverso reti distribuite, codifiche multiple e processi di recupero che si rafforzano reciprocamente. La didattica multimodale non semplifica i contenuti, ma ne aumenta la profondità rappresentazionale, favorendo comprensione, trasferimento e memoria a lungo termine. Nel loro insieme, questi elementi delineano un cambio di paradigma: dall'idea di insegnamento come trasmissione di contenuti a una concezione dell'educazione come progettazione intenzionale di contesti. Contesti in cui l'ambiente sostiene la regolazione, la regolazione rende possibile la partecipazione, e la pluralità dei canali consente a ciascuno studente di costruire significato a partire dalle proprie risorse cognitive e corporee. Assumere questa prospettiva significa riconoscere la responsabilità pedagogica di creare condizioni che non selezionino implicitamente chi è già pronto a sostenere carichi elevati, ma che rendano l'apprendimento accessibile, stabile e significativo per la variabilità reale degli studenti. In tal senso, l'attenzione all'ambiente, alla regolazione e alla multimodalità non rappresenta un abbassamento delle aspettative, ma una scelta scientificamente fondata per innalzare la qualità e l'equità dei processi educativi.

## **Apprendimento incarnato e dimensione corporea**

L'approccio dell'*embodied cognition* rappresenta uno dei contributi teorici più rilevanti per comprendere il ruolo strutturale della sensorialità e dell'azione nei processi di apprendimento. In contrasto

con le concezioni cognitiviste classiche, che descrivono la mente come un sistema di elaborazione simbolica astratta e relativamente indipendente dal corpo, l'*embodied cognition* sostiene che la cognizione emerge dall'interazione dinamica tra corpo, ambiente e azione. Pensare, comprendere e apprendere non sono processi disincarnati, ma attività profondamente radicate nell'esperienza corporea concreta (Lakoff & Johnson, 1999; Wilson, 2002). Secondo questa prospettiva, il corpo non svolge una funzione meramente strumentale o di supporto alla mente, ma agisce come sistema costitutivo del pensiero. Le rappresentazioni cognitive si formano a partire da schemi percettivo-motori che derivano dall'interazione ripetuta con l'ambiente. Lakoff e Johnson (1999) hanno mostrato come anche concetti astratti — quali tempo, causalità, quantità o emozione — siano strutturati attraverso metafore concettuali radicate nell'esperienza sensomotoria. Ciò implica che l'apprendimento risulta più efficace quando l'insegnamento consente di ancorare i concetti a esperienze corporee e situate, piuttosto che a mere descrizioni verbali. Le neuroscienze cognitive forniscono un ulteriore supporto empirico a questa impostazione. Le ricerche di Gallese (2005) sul sistema dei neuroni specchio hanno evidenziato che l'osservazione di un'azione attiva, nel cervello dell'osservatore, gli stessi circuiti neurali coinvolti nell'esecuzione dell'azione stessa. Questo meccanismo di simulazione incarnata suggerisce che la comprensione non avvenga solo attraverso l'elaborazione simbolica, ma anche mediante la riattivazione interna di stati motori, percettivi ed emotivi associati all'esperienza osservata. Tali risultati sono stati ulteriormente confermati da studi di neuroimaging che mostrano come l'elaborazione di parole o concetti legati all'azione attivi aree moto-

rie e premotorie del cervello (Pulvermüller, 2005; Hauk, Johnsrude & Pulvermüller, 2004). In altri termini, comprendere un concetto non significa soltanto “rappresentarlo” mentalmente, ma simularlo corporeamente, anche in assenza di movimento reale. Questo dato rafforza l’idea che la separazione tradizionale tra cognizione e azione sia teoricamente e empiricamente insostenibile.

In ambito educativo, le implicazioni di questo approccio sono rilevanti. Riconoscere il valore cognitivo delle esperienze motorie, manipolative e sensoriali significa ripensare le pratiche didattiche in termini di coinvolgimento attivo del corpo. Attività come la manipolazione di oggetti, l’uso di gesti durante la spiegazione, la simulazione di processi, l’apprendimento attraverso il movimento e l’esplorazione spaziale non rappresentano strategie accessorie, ma modalità privilegiate di costruzione del significato (Glenberg, 2010). In particolare, l’integrazione di azione e percezione favorisce una codifica più profonda delle informazioni e una maggiore trasferibilità delle conoscenze in contesti nuovi. Inoltre, l’embodied cognition fornisce una cornice teorica solida per comprendere perché approcci didattici attivi risultino particolarmente efficaci con studenti che presentano difficoltà di attenzione, regolazione o apprendimento astratto. Il coinvolgimento del corpo contribuisce infatti a stabilizzare l’attenzione, a ridurre il carico cognitivo e a creare ancoraggi sensoriali che sostengono la memoria e la comprensione concettuale (Barsalou, 2008).

In sintesi, l’embodied cognition invita a superare una visione riduzionista dell’apprendimento come processo esclusivamente mentale, proponendo una concezione integrata in cui il corpo diventa luogo epistemico, attraverso cui il sapere viene esplorato, costruito e interi-

orizzato. In questa prospettiva, valorizzare la dimensione sensoriale e motoria non è una scelta metodologica opzionale, ma una conseguenza diretta delle conoscenze scientifiche sul funzionamento della mente.

## Il modello Embodied ECS

Nel modello delle Scuole Embodied (ECS) sviluppato da Filippo Gomez Paloma, l'embodied cognition viene tradotta in scelte didattiche sistematiche e osservabili, che attraversano l'intero curricolo e non si limitano all'educazione motoria. L'assunto di fondo è che il corpo costituisca un mediatore epistemico, attraverso cui gli studenti esplorano, rappresentano e interiorizzano i contenuti disciplinari (Gomez Paloma, 2017; 2021). In questa prospettiva, ad esempio, l'apprendimento matematico può essere sostenuto attraverso attività di esplorazione spaziale, camminamenti numerici, rappresentazioni corporee di relazioni e grandezze, che permettono agli studenti di "sentire" le strutture matematiche prima di formalizzarle simbolicamente. Analogamente, nella didattica linguistica e scientifica, l'uso intenzionale di gesti semantici, simulazioni motorie di processi naturali, manipolazione di oggetti e drammatizzazioni concettuali favorisce la costruzione di rappresentazioni mentali più stabili e trasferibili.

Le scuole ECS progettate da Gomez Paloma propongono ambienti di apprendimento in cui il movimento è integrato alla spiegazione, e non relegato a momenti separati. Le attività corporee sono pensate come dispositivi cognitivi che attivano processi di simulazione incarnata, in linea con le evidenze neuroscientistiche sui neuroni specchio e sull'attivazione delle aree motorie durante la comprensione concettuale (Gallese, 2005; Pulvermüller, 2005). In questo senso, la dimostrazione

di un concetto attraverso il corpo — ad esempio la rappresentazione fisica di un equilibrio chimico, di una relazione causa-effetto o di una dinamica storica — diventa una forma di modellizzazione cognitiva, che supporta l’astrazione successiva.

Un ulteriore elemento qualificante del lavoro di Gomez Paloma è l’attenzione alla dimensione inclusiva dell’embodied learning. Le pratiche ECS si dimostrano particolarmente efficaci nel sostenere studenti con difficoltà attentive, bisogni educativi speciali o fragilità nei processi di apprendimento astratto, poiché consentono l’accesso ai contenuti attraverso canali sensoriali e motori alternativi, riducendo il carico cognitivo e favorendo l’autoregolazione (Gomez Paloma & Damiani, 2019). In questo quadro, il corpo non è solo strumento di espressione, ma spazio di compensazione e di potenziamento, coerente con i principi dell’Universal Design for Learning.

Nel complesso, il lavoro scientifico e progettuale di Filippo Gomez Paloma rappresenta un passaggio cruciale dalla teoria dell’embodied cognition alla didattica incarnata, dimostrando come i principi neuro-scientifici possano essere tradotti in pratiche scolastiche sistemiche, intenzionali e valutabili. Le Scuole ECS mostrano che integrare il corpo nell’apprendimento non significa “fare più movimento”, ma ripensare il curricolo come esperienza situata, in cui cognizione, azione e ambiente concorrono alla costruzione del significato.

## **Principi metodologici di riferimento**

La progettazione didattica embodied si basa su alcuni principi chiave:

*Centralità del corpo come mediatore cognitivo:* il corpo è considerato un agente attivo nella costruzione del significato, e non un semplice supporto dell'attività mentale. Le esperienze motorie e sensoriali vengono integrate intenzionalmente nei processi di insegnamento-apprendimento, in accordo con le evidenze neuroscientifiche sulla simulazione incarnata e sull'attivazione delle reti senso-motorie durante la comprensione concettuale (Gallese, 2005; Pulvermüller, 2005).

*Apprendimento situato e contestualizzato:* le attività sono progettate in modo da favorire l'interazione diretta con l'ambiente fisico e sociale. Lo spazio aula viene concepito come ambiente di apprendimento flessibile, capace di supportare movimento, esplorazione e cooperazione, in linea con il modello ECS di ambiente educativo esteso (Gomez Paloma, 2021).

*Integrazione dei canali sensoriali e motori:* i contenuti disciplinari vengono proposti attraverso una pluralità di canali (verbale, visivo, corporeo, manipolativo), favorendo codifiche multiple e processi di recupero più stabili (Paivio, 1986; Barsalou, 2008).

Questa sequenza consente di mantenere la continuità tra esperienza corporea e concettualizzazione, evitando la frammentazione dei processi di apprendimento.

## **Dimensione inclusiva e personalizzazione**

La metodologia ECS si configura come intrinsecamente inclusiva, poiché offre molteplici vie di accesso ai contenuti e consente agli studenti di modulare il proprio livello di ingaggio. In particolare, le pratiche embodied risultano efficaci nel supportare studenti con difficoltà

attentive, disturbi specifici dell'apprendimento o fragilità nei processi di astrazione, riducendo il carico cognitivo e favorendo l'autoregolazione (Gomez Paloma & Damiani, 2019). Tale approccio è coerente con i principi dell'Universal Design for Learning (CAST, 2018).

## Osservazione e valutazione

La valutazione degli apprendimenti si basa su strumenti diversificati che tengono conto non solo del prodotto finale, ma anche del processo. Oltre a prove tradizionali, vengono utilizzate:

- osservazioni sistematiche delle interazioni corporee e cognitive,
- rubriche valutative orientate ai processi,
- documentazione delle esperienze (foto, mappe, elaborati multimediali),
- momenti di autovalutazione e metacognizione.

Questa impostazione consente di rilevare in modo più accurato la comprensione profonda e il trasferimento delle conoscenze.

## Sintesi metodologica

Nel complesso, la metodologia embodied proposta traduce i principi teorici dell'embodied cognition in scelte didattiche intenzionali, replicabili e valutabili, in linea con il lavoro scientifico di Filippo Gomez Paloma. L'integrazione sistematica di corpo, azione e riflessione consente di progettare ambienti di apprendimento capaci di sostenere la regolazione, la comprensione e la partecipazione, valorizzando la complessità dei processi cognitivi e la variabilità degli studenti.

## Struttura delle attività didattiche

Le unità di apprendimento embodied sono organizzate secondo una struttura ricorrente:

- *Attivazione corporea iniziale*: brevi esperienze motorie o percepitive finalizzate a predisporre l'attenzione e la regolazione emotiva.
- *Esperienza incarnata*: esplorazione attiva del concetto attraverso azione, manipolazione, simulazione o rappresentazione corporea.
- *Riflessione guidata*: verbalizzazione e formalizzazione dei significati emersi dall'esperienza, con passaggio progressivo al linguaggio simbolico e astratto.
- *Consolidamento multimodale*: utilizzo di mappe concettuali, disegni, gesti o modelli per rafforzare la comprensione e la memoria.

## Emozioni, sensi e processi cognitivi

La relazione tra sensorialità ed emozione rappresenta un elemento cruciale per comprendere la natura complessa e integrata dei processi di apprendimento. Le neuroscienze affettive hanno ampiamente dimostrato che le funzioni cognitive superiori — come attenzione, memoria, problem solving e decisione — non operano in modo isolato, ma sono profondamente influenzate dagli stati emotivi e corporei dell'individuo. In particolare, Antonio Damasio (2010) ha evidenziato come le emozioni, radicate in segnali corporei e sensoriali, svolgano una funzione regolativa essenziale nei processi cognitivi attraverso i cosiddetti marcatori somatici, che orientano la selezione delle infor-

mazioni e le scelte comportamentali. Secondo il modello proposto da Damasio, la cognizione è sempre accompagnata da una valutazione affettiva implicita: l'esperienza sensoriale genera risposte corporee che vengono integrate a livello cerebrale, influenzando la percezione di significato e la qualità dell'elaborazione cognitiva. Ciò implica che l'apprendimento non possa essere considerato un processo neutro o puramente razionale, ma debba essere inteso come esperienza emotivamente situata, in cui sensazioni, stati affettivi e processi mentali si co-costruiscono. La letteratura conferma che emozioni positive moderate — come interesse, curiosità e senso di sicurezza — favoriscono l'attenzione sostenuta, la flessibilità cognitiva e la memoria a lungo termine, mentre stati di stress, ansia o iperattivazione compromettono le funzioni esecutive e la capacità di apprendere in modo significativo (Immordino-Yang & Damasio, 2007; Arnsten, 2009). In questo senso, la qualità dell'esperienza sensoriale diventa una leva fondamentale per la regolazione emotiva e cognitiva.

In ambito scolastico, la relazione tra sensorialità ed emozione assume una rilevanza ancora maggiore. Ambienti sensorialmente sovraccarichi — caratterizzati da rumore eccessivo, stimoli visivi caotici, luci inadeguate o densità elevata — possono generare stati di iperattivazione che interferiscono con l'attenzione e l'elaborazione delle informazioni. Al contrario, contesti sensorialmente impoveriti possono ridurre l'engagement, la motivazione e il coinvolgimento emotivo. Il modello di sensory processing elaborato da Dunn (1997) evidenzia come gli individui presentino differenti profili di elaborazione sensoriale, che influenzano la loro reattività agli stimoli ambientali e, di conseguenza, il comportamento e l'apprendimento. La mancata

considerazione di tali differenze può portare a interpretare erroneamente reazioni di evitamento, agitazione o disattenzione come problemi comportamentali o motivazionali, piuttosto che come risposte adattive a un ambiente sensorialmente non regolato. Studi successivi hanno mostrato che studenti con difficoltà attentive, disturbi dell'autoregolazione o neurodivergenze sono particolarmente sensibili alla qualità sensoriale dei contesti di apprendimento (Ben-Sasson et al., 2009). Alla luce di queste evidenze, la progettazione educativa dovrebbe includere una intenzionale regolazione dell'esperienza sensoriale, orientata a sostenere il benessere emotivo e l'engagement cognitivo. Ciò implica la cura di variabili quali luce, suono, disposizione dello spazio, materiali, colori e possibilità di movimento, nonché la previsione di momenti di decompressione sensoriale e di autoregolazione. Un ambiente sensorialmente equilibrato non elimina la stimolazione, ma la rende significativa e modulabile, favorendo stati emotivi compatibili con l'apprendimento intenzionale.

In questa prospettiva, emozioni, sensi e processi cognitivi non possono essere considerati dimensioni separate, ma componenti interdipendenti di un unico sistema di funzionamento. Riconoscere il ruolo della sensorialità nella regolazione emotiva significa assumere una responsabilità pedagogica che va oltre la trasmissione dei contenuti, orientandosi verso la progettazione di esperienze educative capaci di sostenere l'apprendimento in modo profondo, stabile e inclusivo.

## Emozioni, sensorialità e regolazione emotiva nei contesti inclusivi

La regolazione emotiva costituisce un prerequisito fondamentale per l'apprendimento e la partecipazione scolastica, in particolare all'interno di contesti educativi inclusivi caratterizzati da un'elevata variabilità dei profili cognitivi, sensoriali ed emotivi degli studenti. Le neuroscienze affettive hanno mostrato come emozioni, processi cognitivi e stati corporei siano profondamente interconnessi, rendendo impossibile una separazione netta tra dimensione emotiva e dimensione dell'apprendimento. In questa prospettiva, la qualità dell'esperienza sensoriale assume un ruolo centrale nella modulazione degli stati emotivi e, di conseguenza, nella possibilità di accesso ai processi cognitivi. Il lavoro di Damasio (2010) ha evidenziato come le emozioni, radicate in segnali corporei e sensoriali, orientino l'attenzione, la memoria e i processi decisionali attraverso i marcatori somatici. Tali marcatori permettono all'organismo di attribuire valore alle esperienze, facilitando o inibendo l'ingaggio cognitivo. In ambito scolastico, ciò implica che l'apprendimento avviene sempre all'interno di una cornice emotiva, che può sostenere o ostacolare la partecipazione, indipendentemente dal livello di competenza dello studente. La regolazione emotiva dipende in larga misura dalla capacità dell'ambiente di mantenere gli studenti all'interno di una zona di attivazione ottimale, compatibile con il funzionamento delle funzioni esecutive. Stati di iperattivazione (ansia, stress, sovraccarico sensoriale) o ipoattivazione (apattia, disconnessione) compromettono l'attività della corteccia prefrontale, riducendo attenzione, controllo inibitorio e flessibilità cognitiva (Arnsten, 2009). In questo senso, le difficoltà di comportamento

o di apprendimento possono essere interpretate come segnali di una regolazione emotiva compromessa, piuttosto che come deficit intenzionali o motivazionali. Nei contesti inclusivi, tale prospettiva risulta particolarmente rilevante. Il modello di sensory processing elaborato da Dunn (1997) sottolinea come gli individui presentino differenti modalità di elaborazione degli stimoli sensoriali, che influenzano il modo in cui reagiscono all'ambiente. Studenti con disturbi dello spettro autistico, ADHD, disturbi d'ansia o difficoltà di autoregolazione possono essere particolarmente sensibili a stimoli sensoriali intensi o imprevedibili, manifestando comportamenti di evitamento, agitazione o ritiro (Ben-Sasson et al., 2009). In assenza di una lettura regolativa, tali comportamenti rischiano di essere interpretati come problematici, anziché come risposte adattive a un ambiente non regolato. Un approccio inclusivo richiede quindi una progettazione intenzionale degli ambienti sensoriali, orientata a sostenere la regolazione emotiva di tutti gli studenti, non solo di quelli con bisogni educativi speciali. Ciò implica la cura di variabili quali luce, rumore, organizzazione dello spazio, densità visiva, possibilità di movimento e previsione di pause regolative. Ambienti sensorialmente equilibrati favoriscono stati emotivi di sicurezza e prevedibilità, condizioni necessarie per l'attivazione dell'apprendimento intenzionale (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Questa prospettiva è coerente con i principi dell'Universal Design for Learning (UDL), che promuove la creazione di contesti flessibili e regolativi come base per l'inclusione. Offrire possibilità di modulazione sensoriale ed emotiva non significa differenziare "per alcuni", ma progettare ambienti capaci di accogliere la variabilità come caratteristica intrinseca dell'esperienza educativa (CAST, 2018).

In conclusione, considerare la relazione tra emozioni, sensorialità e regolazione emotiva consente di spostare lo sguardo dalla prestazione al funzionamento, riconoscendo che l'inclusione non si realizza solo attraverso adattamenti curricolari, ma attraverso la creazione di condizioni emotive e sensoriali che rendano possibile l'apprendimento. In questa chiave, la regolazione emotiva diventa una responsabilità pedagogica condivisa e un fondamento essenziale per la costruzione di ambienti educativi equi e accessibili.

### **Dalla teoria alla pratica: strategie operative di regolazione emotiva in classe**

Le evidenze neuroscientifiche e pedagogiche mostrano con chiarezza che la regolazione emotiva non può essere demandata esclusivamente allo studente, ma deve essere sostenuta intenzionalmente dal contesto educativo. In un'ottica inclusiva, la classe diventa un sistema regolativo condiviso, in cui l'organizzazione degli spazi, dei tempi e delle modalità didattiche contribuisce a mantenere gli studenti in uno stato di attivazione compatibile con l'apprendimento (Arnsten, 2009; Siegel, 1999). Una prima area di intervento riguarda la progettazione dell'ambiente sensoriale. La riduzione del rumore di fondo, la modulazione dell'illuminazione, l'uso controllato di stimoli visivi e la possibilità di organizzare spazi a diversa intensità sensoriale favoriscono la regolazione emotiva e attentiva. Secondo il modello di Dunn (1997), offrire ambienti sensorialmente modulabili consente agli studenti di adattare il proprio livello di attivazione, riducendo reazioni di iper- o ipoattivazione. Strategie come angoli di decompressione, materiali tattili regolativi o l'uso di cuffie antirumore non rappresen-

tano adattamenti individuali isolati, ma strumenti di accesso all'apprendimento per l'intero gruppo classe. La prevedibilità svolge un ruolo centrale nella regolazione emotiva. Routine chiare, scansione temporale visibile e anticipazione delle attività riducono l'incertezza e il carico cognitivo, favorendo un senso di sicurezza che sostiene l'autoregolazione (Perry, 2006). In classe, ciò può tradursi in agende vivise, rituali di apertura e chiusura della lezione, e segnali chiari per le transizioni tra attività. Tali pratiche risultano particolarmente efficaci per studenti con difficoltà di regolazione emotiva o neurodivergenze, ma migliorano il funzionamento dell'intero gruppo. Le pause brevi e strutturate rappresentano un dispositivo regolativo fondamentale. Studi sull'attenzione mostrano che il mantenimento prolungato dello sforzo cognitivo senza momenti di recupero aumenta lo stress e riduce la qualità dell'apprendimento (Rosen et al., 2011). L'integrazione di pause di movimento, respirazione guidata o attività sensoriali consente di ristabilire uno stato di attivazione ottimale. In linea con l'*embodied cognition*, il movimento non è un'interruzione dell'apprendimento, ma una modalità per sostenerlo (Glenberg, 2010). Un ulteriore elemento regolativo riguarda la possibilità di modulare l'ingaggio. Offrire scelte controllate — ad esempio sul tipo di attività, sul livello di complessità o sulle modalità di partecipazione — rafforza il senso di controllo e riduce l'ansia da prestazione. La *Self-Determination Theory* evidenzia come l'autonomia percepita sia strettamente connessa alla motivazione e alla persistenza nel compito (Deci & Ryan, 2000). In ottica inclusiva, ciò significa riconoscere che la partecipazione può assumere forme diverse senza compromettere gli obiettivi di apprendimento. L'insegnante svolge una funzione chiave come co-regolatore emotivo.

La qualità della relazione educativa, il tono della voce, la postura, la capacità di leggere i segnali corporei degli studenti influenzano direttamente il clima emotivo della classe. Le ricerche sull'attaccamento e sulla neurobiologia interpersonale mostrano che la regolazione emotiva è inizialmente un processo relazionale, che si interiorizza progressivamente (Siegel, 1999; Immordino-Yang & Damasio, 2007). In questo senso, la competenza emotiva del docente diventa parte integrante della professionalità educativa.

Nel loro insieme, queste strategie delineano un approccio in cui la regolazione emotiva non è un intervento compensativo, ma una condizione strutturale dell'inclusione. Agire su ambiente, tempo, movimento, scelta e relazione consente di trasformare la classe in un contesto che sostiene il funzionamento emotivo e cognitivo di tutti gli studenti. In questa prospettiva, la regolazione emotiva diventa una competenza condivisa e un obiettivo trasversale della progettazione didattica.

## **Neurodiversità, differenze sensoriali e inclusione educativa**

Il paradigma della neurodiversità ha contribuito in modo sostanziale a ridefinire il modo in cui le differenze neurologiche e sensoriali vengono comprese e trattate nei contesti educativi. Nato all'interno dei disability studies e dei movimenti di advocacy, il concetto di neurodiversità propone una lettura delle variazioni neurologiche — come quelle associate allo spettro autistico, all'ADHD o ai disturbi dell'apprendimento — non come anomalie da correggere, ma come espressioni naturali della variabilità umana (Singer, 2017). In questa prospettiva, le differenze non vengono negate, ma interpre-

tate come differenti modalità di funzionamento cognitivo, percettivo ed emotivo. Autori come Armstrong (2010) sottolineano come un approccio esclusivamente deficit-oriented rischi di ridurre la complessità dei profili neurodivergenti, oscurando risorse, punti di forza e potenzialità. La neurodiversità invita invece a spostare l'attenzione dal “cosa manca” al “come funziona” una persona, promuovendo un cambiamento epistemologico che ha ricadute dirette sulla progettazione educativa e sull’organizzazione degli ambienti di apprendimento. Un ambito in cui questo cambio di prospettiva risulta particolarmente rilevante è quello delle differenze sensoriali. Numerose ricerche evidenziano come le persone nello spettro autistico presentino frequentemente profili di iper- o ipo-sensibilità sensoriale, che coinvolgono uno o più sistemi sensoriali (uditivo, visivo, tattile, propriocettivo, vestibolare) (Bogdashina, 2016). Tali caratteristiche non costituiscono un elemento secondario, ma incidono profondamente sulla regolazione emotiva, sull’attenzione, sulla partecipazione sociale e, di conseguenza, sui processi di apprendimento. La letteratura neuroscientifica e clinica mostra come le atipicità sensoriali nello spettro autistico siano correlate a differenze nei meccanismi di integrazione sensoriale e nella modulazione degli stimoli, con effetti diretti sul comportamento e sull’esperienza soggettiva dell’ambiente (Ben-Sasson et al., 2009). In contesti scolastici progettati secondo standard sensoriali “medi”, tali differenze possono trasformarsi in fattori di stress, sovraccarico o ritiro, ostacolando l’accesso all’apprendimento e alle relazioni sociali. Alla luce del paradigma della neurodiversità, tali reazioni non dovrebbero essere interpretate come disfunzioni individuali, ma come esiti dell’incontro tra un profilo sensoriale specifico e un ambiente non

regolato. Questo spostamento di sguardo consente di comprendere come molte difficoltà emergano non dal funzionamento della persona, ma da pratiche educative uniformanti che non tengono conto della variabilità sensoriale (Armstrong, 2010). Ripensare l'apprendimento alla luce della complessità sensoriale implica dunque l'adozione di un approccio inclusivo e flessibile, orientato alla personalizzazione dei contesti piuttosto che alla normalizzazione degli individui. Strategie come la modulazione degli stimoli sensoriali, la possibilità di scelta, l'uso di routine prevedibili e l'integrazione di canali di accesso differenti ai contenuti rispondono a questa esigenza, in coerenza con i principi dell'Universal Design for Learning (CAST, 2018). In questa prospettiva, l'inclusione non si realizza attraverso l'eliminazione delle differenze, ma attraverso il loro riconoscimento e la loro valorizzazione. Il paradigma della neurodiversità offre quindi una cornice teorica che consente di trasformare le differenze sensoriali da ostacoli potenziali a variabili progettuali, rendendo l'ambiente scolastico un contesto capace di accogliere e sostenere la pluralità dei modi di apprendere.

## **Spazi di apprendimento e ambienti sensoriali**

Gli spazi di apprendimento svolgono un ruolo determinante nella mediazione dell'esperienza sensoriale e, di conseguenza, nei processi cognitivi, emotivi e relazionali che sostengono l'apprendimento. La ricerca in ambito pedagogico, psicologico e neuroscientifico converge nel riconoscere che l'ambiente non costituisce un semplice contenitore neutro dell'azione didattica, ma un fattore attivo che orienta l'attenzione, la regolazione emotiva e la qualità dell'ingaggio cognitivo. Lo studio di Barrett et al. (2015), condotto su un ampio campione di studenti,

ha dimostrato come variabili ambientali quali illuminazione, acustica, temperatura, colori e configurazione spaziale possano incidere in modo significativo sui risultati di apprendimento, fino a spiegare una quota rilevante dei progressi scolastici annuali. Tali risultati confermano quanto già emerso nella psicologia ambientale: la qualità sensoriale degli spazi influenza il benessere psicofisico, la concentrazione e la disponibilità all'apprendimento (Evans & Wachs, 2010). In questa prospettiva, la progettazione degli ambienti educativi assume una valenza eminentemente pedagogica. Parlare di ambienti sensorialmente consapevoli significa riconoscere che luce, suono, materiali, colori, densità e possibilità di movimento contribuiscono a costruire un clima emotivo e cognitivo che può facilitare o ostacolare l'apprendimento. Ambienti sovraccarichi di stimoli possono generare iperattivazione e stress, mentre spazi eccessivamente impoveriti rischiano di ridurre la motivazione e l'engagement. La sfida educativa consiste dunque nel trovare un equilibrio sensoriale capace di sostenere la regolazione e la partecipazione, tenendo conto della variabilità dei profili sensoriali degli studenti. L'adozione di spazi flessibili rappresenta una risposta concreta a questa complessità. Ambienti riconfigurabili, che permettono diverse disposizioni dei banchi, zone funzionali differenziate e possibilità di movimento, favoriscono modalità di apprendimento attive, collaborative e personalizzate. La flessibilità spaziale consente inoltre di modulare il livello di stimolazione sensoriale, offrendo agli studenti opportunità di scelta e di autoregolazione, in linea con i principi dell'Universal Design for Learning (CAST, 2018). L'utilizzo di materiali multisensoriali — oggetti manipolabili, supporti visivi, strumenti tattili e corporei — rafforza ulteriormente il potenziale educativo degli

spazi. In accordo con i modelli di embodied cognition, l’interazione fisica con l’ambiente contribuisce alla costruzione del significato, ancorando i concetti all’esperienza percettivo-motoria (Barsalou, 2008; Glenberg, 2010). Gli spazi diventano così veri e propri ambienti di esperienza, in cui il corpo è coinvolto nei processi di apprendimento. Un ulteriore elemento di complessità è rappresentato dall’integrazione tra spazio reale e spazio tecnologico. Le tecnologie digitali — se progettate in modo inclusivo — possono ampliare le possibilità di esperienza sensoriale mediata, offrendo simulazioni, ambienti immersivi e rappresentazioni multimodali che supportano la comprensione e la personalizzazione dell’apprendimento. Tuttavia, come sottolinea Rivoltella (2014), l’uso delle tecnologie solleva interrogativi pedagogici ed etici rilevanti: il rischio di sovrastimolazione, la frammentazione dell’attenzione e la riduzione dell’esperienza corporea richiedono una progettazione consapevole e intenzionale.

In questa chiave, la tecnologia non sostituisce lo spazio fisico, ma lo integra, ampliandone le possibilità senza annullarne la dimensione incarnata e relazionale. Una pedagogia orientata alla complessità è chiamata quindi a governare l’ibridazione tra ambienti reali e digitali, mantenendo al centro il benessere sensoriale, emotivo e cognitivo degli studenti. In conclusione, gli spazi di apprendimento e gli ambienti sensoriali devono essere considerati parte integrante del progetto educativo. Progettare ambienti flessibili, multisensoriali e tecnologicamente consapevoli significa assumere che l’apprendimento è un processo situato e incarnato, che prende forma nell’interazione continua tra corpo, mente e ambiente. In questa prospettiva, lo spazio diventa

un alleato pedagogico nella costruzione di contesti inclusivi, partecipativi e capaci di rispondere alla complessità dei modi di apprendere.

## **Implicazioni pedagogiche e didattiche**

Ripensare l'apprendimento alla luce della complessità sensoriale implica un profondo riposizionamento del ruolo dell'insegnante, che non può più essere inteso come semplice trasmettitore di contenuti, ma come progettista di esperienze educative significative. In contesti caratterizzati da un'elevata variabilità sensoriale, cognitiva ed emotiva, l'efficacia dell'insegnamento dipende sempre più dalla capacità di creare condizioni che favoriscano l'ingaggio, la regolazione e la partecipazione attiva degli studenti. Questa prospettiva trova solide radici teoriche nel costruttivismo socio-culturale di Vygotskij (1934/1990), secondo cui l'apprendimento è un processo mediato socialmente e culturalmente, che si realizza attraverso l'interazione, il linguaggio e l'uso di strumenti materiali e simbolici. In tale cornice, la conoscenza non viene trasmessa in modo lineare, ma co-costruita all'interno di contesti significativi, nei quali l'esperienza sensoriale e l'azione svolgono un ruolo centrale nella costruzione del significato. La didattica orientata alla complessità sensoriale si traduce pertanto nell'adozione di approcci attivi, laboratoriali e cooperativi, capaci di coinvolgere simultaneamente più canali sensoriali e di favorire la partecipazione degli studenti come soggetti attivi del processo di apprendimento. Numerosi studi mostrano come l'apprendimento attivo migliori la comprensione profonda, la motivazione e la trasferibilità delle conoscenze rispetto a modalità puramente trasmissive (Freeman et al., 2014). L'insegnante, in questo quadro, assume il ruolo di mediatore, facilitando l'interazi-

one tra studenti, contenuti e ambiente. L'attenzione alla pluralità dei canali sensoriali si integra con le evidenze dell'*embodied cognition*, che sottolineano come l'apprendimento sia radicato nell'esperienza corporea e percettiva. Progettare attività che includano manipolazione, movimento, esplorazione e rappresentazione multimodale significa allinearsi al funzionamento naturale della mente, favorendo codifiche multiple e processi di recupero più stabili (Barsalou, 2008; Glenberg, 2010). In questo senso, il laboratorio non è solo uno spazio fisico, ma una modalità didattica che valorizza l'esperienza, l'errore e la riflessione condivisa.

All'interno di questo ripensamento della progettazione didattica, assume particolare rilevanza il paradigma dell'*Universal Design for Learning* (UDL). Proposto da Meyer, Rose e Gordon (2014), l'UDL promuove la progettazione di percorsi didattici accessibili e flessibili fin dall'origine, superando la logica degli adattamenti successivi. Il modello UDL si fonda su tre principi cardine: offrire molteplici modalità di rappresentazione dei contenuti, di espressione delle competenze e di coinvolgimento degli studenti. Tali principi rispondono direttamente alla variabilità sensoriale e cognitiva presente in ogni gruppo classe. In questa prospettiva, l'insegnante diventa un designer dell'apprendimento, chiamato a prevedere diverse vie di accesso ai contenuti e a creare ambienti che permettano agli studenti di scegliere come interagire, esplorare e dimostrare ciò che sanno. La progettazione UDL non abbassa le aspettative, ma amplia le opportunità di successo, riducendo le barriere che spesso derivano da una didattica uniformante e poco sensibile alla diversità dei funzionamenti. In conclusione, ripensare il ruolo dell'insegnante alla luce della complessità sensoriale sig-

nifica riconoscere che l'apprendimento è un processo attivo, situato e multimodale. Attraverso approcci cooperativi, laboratoriali e una progettazione ispirata all'UDL, la scuola può trasformarsi in un contesto capace di valorizzare la pluralità dei modi di apprendere, promuovendo un'educazione inclusiva, partecipativa e scientificamente fondata.

### *Il PDP e il PEI sensoriale come dispositivo progettuale inclusivo*

L'idea di PDP (Piano Didattico Personalizzato) e PEI (Piano Educativo Individualizzato) in chiave sensoriale, sviluppata e promossa dal laboratorio RENLAB dell'Università Pegaso, rappresenta un'evoluzione significativa dei tradizionali strumenti di personalizzazione educativa. In questa prospettiva, la dimensione sensoriale non è trattata come un elemento accessorio o compensativo, ma come una variabile progettuale strutturale, capace di incidere sui processi di regolazione emotiva, attenzione e apprendimento. I PDP e i PEI sensoriali elaborati all'interno delle attività di ricerca e sperimentazione del RENLAB si fondano sull'assunto, supportato dalla letteratura neuroscientifica e pedagogica, secondo cui le difficoltà di apprendimento e di partecipazione di molti studenti con BES emergono dall'interazione tra profili sensoriali specifici e ambienti didattici non regolati, piuttosto che da un deficit intrinseco (Dunn, 1997; Damasio, 2010; Ben-Sasson et al., 2009).

Nei casi studio sperimentati, l'adozione di una progettazione sensoriale all'interno di PDP e PEI ha permesso di intervenire in modo mirato su ambiente, tempi, materiali, modalità di ingaggio e canali di accesso ai contenuti, producendo un miglioramento osservabile negli apprendimenti e nella performance scolastica degli studenti coinvolti. In linea con i principi dell'Universal Design for Learning (Meyer,

Rose & Gordon, 2014), tali piani non si sono limitati a prevedere adattamenti individuali, ma hanno agito sul contesto, rendendo l'esperienza didattica più accessibile e regolativa. Un elemento particolarmente rilevante emerso dalle sperimentazioni è che il beneficio non si è circoscritto al singolo studente con BES, ma ha coinvolto l'intero gruppo classe: la maggiore attenzione alla qualità sensoriale degli ambienti, alla prevedibilità delle routine e alla pluralità dei canali didattici ha contribuito a migliorare il benessere generale, il clima relazionale e la qualità complessiva dell'offerta formativa.

In questo senso, il PDP e il PEI sensoriale, così come concepiti nel lavoro del RENLAB, si configurano non solo come strumenti di inclusione individuale, ma come dispositivi di innovazione didattica sistematica, capaci di elevare il funzionamento dell'intero ecosistema classe. Tale impostazione conferma quanto evidenziato dalla ricerca: interventi progettati a partire dalla regolazione sensoriale ed emotiva producono effetti positivi diffusi, rendendo l'inclusione una leva di qualità educativa e non un'azione riservata a pochi (Immordino-Yang & Damasio, 2007; CAST, 2018).

## Conclusioni

Il percorso teorico e applicativo sviluppato in questo lavoro ha messo in evidenza come l'apprendimento non possa essere compreso né progettato prescindendo dalla complessità sensoriale, corporea ed emotiva che caratterizza l'esperienza educativa. Le evidenze neuroscientifiche, psicologiche e pedagogiche analizzate convergono nel delineare un quadro in cui la cognizione emerge dall'interazione dinamica tra individuo, ambiente e azione, rendendo superata una visi-

one dell'insegnamento centrata esclusivamente sulla trasmissione dei contenuti.

La qualità degli ambienti di apprendimento, la possibilità di regolazione emotiva e attentiva, la pluralità dei canali sensoriali e la flessibilità degli spazi si configurano come variabili didattiche strutturali, in grado di facilitare o ostacolare l'accesso al sapere. In questa prospettiva, le difficoltà di apprendimento e di partecipazione non possono essere interpretate unicamente come carenze individuali, ma come esiti dell'incontro tra specifici profili di funzionamento e contesti educativi non adeguatamente progettati.

L'approccio dell'*embodied cognition* e il paradigma della neurodiversità offrono una cornice teorica capace di leggere le differenze sensoriali e cognitive non in termini deficitari, ma come espressioni della naturale variabilità umana. Tale cambio di paradigma ha profonde implicazioni educative: progettare ambienti e pratiche sensorialmente consapevoli significa spostare il focus dalla normalizzazione dell'individuo alla trasformazione del contesto, rendendo l'inclusione un processo sistematico e non un intervento compensativo.

In questo scenario, il ruolo dell'insegnante si ridefinisce profondamente. Da trasmettitore di saperi, il docente diventa progettista di esperienze educative, capace di orchestrare spazi, tempi, materiali e relazioni in modo da sostenere la regolazione emotiva e l'ingaggio cognitivo di tutti gli studenti. Gli approcci attivi, cooperativi e laboratoriali, insieme ai principi dell'*Universal Design for Learning*, si configurano come strumenti privilegiati per rispondere alla complessità dei contesti educativi contemporanei.

Particolarmente significativa risulta l'esperienza del laboratorio RENLAB dell'Università Pegaso, che propone e sperimenta il PDP e il PEI in chiave sensoriale come dispositivi progettuali innovativi. I casi studio analizzati mostrano come l'integrazione sistematica della dimensione sensoriale nella progettazione educativa produca benefici non solo per gli studenti con BES, ma per l'intero gruppo classe, migliorando apprendimenti, performance scolastica, clima relazionale e benessere generale. Questo dato conferma che l'inclusione, quando progettata in modo strutturale, rappresenta una leva di qualità educativa e non un costo organizzativo.

In conclusione, ripensare l'apprendimento alla luce della complessità sensoriale significa assumere una responsabilità pedagogica che riguarda l'intero sistema educativo. Non si tratta di introdurre nuove etichette o strumenti isolati, ma di promuovere un cambio di paradigma che riconosca il ruolo centrale del corpo, delle emozioni e dell'ambiente nei processi di apprendimento. In questa direzione, la progettazione sensoriale, la regolazione emotiva e l'adozione di modelli inclusivi come l'UDL e il PDP/PEI sensoriale rappresentano prospettive promettenti per costruire contesti educativi più equi, accessibili e scientificamente fondati, capaci di rispondere alla pluralità dei modi di apprendere e di vivere la scuola.

## Bibliografia

- Armstrong, T. (2010). *Neurodiversity: Discovering the extraordinary gifts of autism, ADHD, dyslexia, and other brain differences*. Da Capo Press.

Arnsten, A. F. T. (2009). Stress signalling pathways that impair pre-frontal cortex structure and function. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 410-422. <https://doi.org/10.1038/nrn2648>

Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning. *Building and Environment*, 89, 118-133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>

Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>

Bogdashina, O. (2016). *Sensory perceptual issues in autism and Asperger syndrome*. Jessica Kingsley Publishers.

Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 227-241. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>

Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11(6), 671-684. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(72\)80001-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(72)80001-X)

Damasio, A. (2010). *Self comes to mind: Constructing the conscious brain*. Pantheon Books.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268. [https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104\\_01](https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01)

Dunn, W. (1997). The impact of sensory processing abilities on the daily lives of young children and their families. *Infants & Young Children*

dren, 9(4), 23-35. <https://doi.org/10.1097/00001163-199704000-00004>

Evans, G. W., & Wachs, T. D. (2010). *Chaos and its influence on children's development*. APA.

Freeman, S., et al. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>

Gallese, V. (2005). Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4(1), 23-48. <https://doi.org/10.1007/s11098-005-0395-9>

Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *WIREs Cognitive Science*, 1(4), 586-597. <https://doi.org/10.1002/wcs.57>

Goldin-Meadow, S. (2014). How gesture works to change our minds. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(4), 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.08.003>

Gomez Paloma, F. (2017). *Embodied cognitive science: Atti incarnati della didattica*. Armando Editore.

Gomez Paloma, F. (2021). *Manuale delle Scuole ECS*. Armando Editore.

Gomez Paloma, F., & Damiani, P. (2019). *Embodied cognition e inclusione scolastica*. FrancoAngeli.

Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somato-topic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, 41(5), 301-307. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(04\)00008-2](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(04)00008-2)

Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3-10. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x>

Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to western thought*. Basic Books.

McEwen, B. S., & Morrison, J. H. (2013). The brain on stress: Vulnerability and plasticity of the prefrontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(6), 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.04.003>

Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). *Universal design for learning: Theory and practice*. CAST.

Morin, E. (2001). *La testa ben fatta*. Raffaello Cortina.

Perry, B. D. (2006). Applying principles of neurodevelopment to clinical work with maltreated and traumatized children. *Guilford Press*.

Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(7), 576-582. <https://doi.org/10.1038/nrn1706>

Rivoltella, P. C. (2014). *Neurodidattica*. Raffaello Cortina Editore.

Rosen, L. D., Lim, A. F., Smith, J., & Barstead, S. (2011). The distracted student. *Educational Psychology*, 31(1), 105-117. <https://doi.org/10.1080/01443410.2010.530489>

Singer, J. (2017). *NeuroDiversity: The birth of an idea* [Kindle Edition].

Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: Current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 255-266. <https://doi.org/10.1038/nrn2331>

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202\\_4](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4)

Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. MIT Press.

Vygotskij, L. S. (1990). *Pensiero e linguaggio* (G. D. A. Cacciari, Trans.). Laterza. (Original work published 1934).

Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625-636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>

Wargocki, P., Wyon, D. P., Sundell, J., Clausen, G., & Fanger, P. O. (2000). The effects of outdoor air supply rate on office work performance. *Indoor Air*, 10(4), 222-236. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2000.010004222.x>

**STEFANIA MORSANUTO**

## **Didattica multisensoriale e inclusione educativa: una prospettiva sistemica**

### **Introduzione**

Nel contesto educativo contemporaneo, la crescente attenzione alla multisensorialità non può essere ridotta a un aggiornamento metodologico o a un ampliamento del repertorio didattico. Le evidenze scientifiche e pedagogiche analizzate nei paragrafi che seguono mostrano come la multisensorialità debba essere assunta come principio strutturante dell'intero sistema didattico, con ricadute profonde non solo sulle pratiche di insegnamento, ma anche sulla valutazione, sulla progettazione inclusiva, sulla professionalità docente e sulle scelte etiche che orientano l'azione educativa. Se l'apprendimento emerge dall'interazione complessa tra individuo, ambiente e contesto sociale, allora il modo in cui la scuola organizza canali sensoriali, linguaggi, spazi e dispositivi di valutazione diventa una questione sistemica e non accessoria. In questa prospettiva, la multisensorialità non riguarda semplicemente *come* si insegna, ma *quali condizioni* vengono create perché l'apprendimento possa avvenire in modo significativo e accessibile per una popolazione studentesca intrinsecamente eterogenea. I

paragrafi successivi si collocano all'interno di questo cambio di paradigma e ne esplorano le implicazioni a diversi livelli. In primo luogo, viene analizzata la multisensorialità come criterio organizzatore del sistema didattico, capace di prevenire la produzione di barriere piuttosto che limitarsi a compensarle. Successivamente, l'attenzione si sposta sul rapporto tra multisensorialità e valutazione, interrogando criticamente i modelli tradizionali di accertamento delle competenze e proponendo una lettura più equa e autentica del “dimostrare sapere”. Un ulteriore focus è dedicato alla professionalità docente, intesa come competenza riflessiva e sistemica, che trova nei PEI e nei PDP sensoriali strumenti privilegiati di osservazione, progettazione ed empowerment professionale. Infine, viene affrontata in modo esplicito la dimensione etica, interrogando il ruolo della didattica multisensoriale come leva di equità educativa e di giustizia sociale. Nel loro insieme, questi contributi delineano una visione in cui la multisensorialità non è un'aggiunta opzionale, ma un criterio di qualità dell'azione educativa, capace di orientare decisioni didattiche, valutative e organizzative. Assumere questa prospettiva significa riconoscere che l'uguaglianza non coincide con l'uniformità delle pratiche, ma con la possibilità reale per tutti gli studenti di accedere al sapere, partecipare ai processi di apprendimento e vedere riconosciute le proprie competenze. In questo senso, la multisensorialità diventa una lente critica attraverso cui ripensare la scuola come sistema inclusivo, responsivo e scientificamente fondato.

## Multisensorialità come principio organizzatore del sistema didattico

Nel dibattito educativo contemporaneo, la didattica multisensoriale non può più essere interpretata come un repertorio di tecniche “aggettive” (immagini, manipolazione, attività motorie, strumenti digitali) da impiegare per rendere più coinvolgente la lezione. Assunta in modo scientificamente coerente, essa va intesa come principio organizzatore dell’intero sistema didattico, capace di orientare in modo integrato progettazione curricolare, dispositivi valutativi, configurazione degli ambienti, scelte metodologiche e politiche inclusive (Meyer, Rose & Gordon, 2014). In questa accezione, la multisensorialità non riguarda semplicemente *come* si insegna, ma *come* si costruiscono le condizioni perché l’apprendimento sia possibile per una popolazione studentesca intrinsecamente variabile.

Dal punto di vista epistemologico, questo spostamento si comprende bene alla luce dei contributi della teoria della complessità in educazione, che descrive la classe come un sistema dinamico in cui i risultati di apprendimento emergono da interazioni non lineari fra molteplici variabili: caratteristiche individuali, relazioni, contesto, tempi, strumenti, linguaggi, aspettative e vincoli organizzativi (Davis & Sumara, 2006). In tali sistemi, piccoli cambiamenti in una variabile apparentemente marginale possono produrre effetti significativi sull’intero assetto di funzionamento, mentre interventi focalizzati solo sul singolo studente rischiano di essere fragili o temporanei perché non modificano le condizioni sistemiche che generano barriere. Entro questa cornice, la dimensione sensoriale — spesso trattata come “contorno” — diventa una variabile di primo piano: modula attenzi-

one, regolazione, accesso ai significati e partecipazione, influenzando indirettamente anche la qualità delle interazioni e la sostenibilità delle pratiche didattiche.

Un secondo elemento che rende la multisensorialità un principio di sistema riguarda la progettazione del curricolo. Se l'apprendimento è sostenuto da codifiche multiple e da rappresentazioni distribuite, allora il curricolo non può essere pensato come sequenza lineare di contenuti da trasmettere, ma come architettura di esperienze che offrono più vie di accesso ai concetti e più opportunità di costruire significato. In tal senso, la multisensorialità diventa criterio di qualità curricolare: non “aggiunge” attività, ma orienta la selezione dei nuclei fondanti e il modo in cui vengono attraversati con linguaggi differenti (Paivio, 1986; Barsalou, 2008). La ricaduta è rilevante: un curricolo multisensoriale ben progettato riduce il rischio di esclusione implicita, poiché minimizza il numero di studenti che restano “fuori” non per mancanza di competenze, ma per mancanza di accesso.

Il medesimo ragionamento vale per la valutazione, che in un sistema didattico coerente con la multisensorialità non può limitarsi a misurare una prestazione in un formato unico (ad esempio prevalentemente scritto-verbale). La letteratura sulla valutazione per l'apprendimento evidenzia che i dispositivi valutativi influenzano in modo potente ciò che gli studenti considerano importante e il modo in cui orientano il proprio studio; pertanto, se la valutazione resta monomodale, tende a “riportare” tutto il sistema verso pratiche monomodali (Shepard, 2000). Un impianto multisensoriale richiede invece strumenti che permettano di documentare e rendere visibile l'apprendimento attraverso prodotti e processi: spiegazioni orali supportate da mappe e modelli, dimostra-

zioni, performance situate, portfolio e compiti autentici, così da ridurre la confusione fra “conoscenza posseduta” e “conoscenza esprimibile in una sola forma” (Wiggins, 1998). In questa prospettiva, la multisensorialità sostiene anche la validità della valutazione, perché amplia le condizioni in cui l'apprendimento può essere osservato e interpretato.

La multisensorialità come principio organizzatore ha inoltre implicazioni dirette sulla configurazione degli ambienti di apprendimento. Se l'esperienza sensoriale influisce sul funzionamento cognitivo ed emotivo, l'aula deve essere pensata come dispositivo pedagogico e non come spazio neutro. Evidenze empiriche indicano che variabili ambientali come luce, acustica e disposizione dello spazio sono associate a differenze misurabili nei progressi di apprendimento, suggerendo che l'architettura della classe entri a pieno titolo tra le variabili didattiche (Barrett et al., 2015). In questa prospettiva, la multisensorialità non coincide con “più stimoli”, ma con stimoli regolati, significativi e modulabili, progettati per sostenere attenzione, comprensione e partecipazione.

Infine, concepire la multisensorialità come principio di sistema ridefinisce i ruoli professionali e le politiche inclusive. L'insegnante non è solo esecutore di metodi, ma progettista che governa l'ecologia della classe: calibra canali, tempi, transizioni, materiali e livelli di ingaggio. Questa professionalità richiede agency e competenza decisionale situata, ossia la capacità di agire intenzionalmente dentro vincoli e possibilità del contesto (Biesta, Priestley & Robinson, 2015). Parallelamente, sul piano inclusivo, l'orientamento si sposta dall'eccezione alla norma: progettare multisensorialmente equivale a ridurre la necessità di aggiustamenti ex post, perché molte barriere vengono

prevenute a monte, in linea con la logica della progettazione universale per l'apprendimento (Meyer, Rose & Gordon, 2014). In sintesi, integrare la multisensorialità significa agire sul funzionamento complessivo del sistema classe, rendendo l'inclusione una proprietà emergente dell'ambiente didattico, e non una serie di interventi isolati sul singolo.

## **Dalla logica compensativa alla prevenzione delle barriere: il valore inclusivo della multisensorialità**

Un contributo particolarmente rilevante della didattica multisensoriale consiste nella sua capacità di superare la tradizionale logica compensativa, secondo cui si interviene principalmente a posteriori, quando le difficoltà sono già emerse, ricorrendo spesso a strumenti aggiuntivi, misure individuali o adattamenti separati dal flusso ordinario della didattica. Questa impostazione, pur necessaria in molti casi, tende a collocare il “problema” nel singolo studente, rinforzando una lettura centrata sul deficit e producendo talvolta effetti collaterali come stigmatizzazione, dipendenza dall'aiuto o riduzione delle aspettative (Florian & Black-Hawkins, 2011). In una prospettiva inclusiva avanzata, invece, la multisensorialità consente di spostare l'attenzione dalla “riparazione” del bisogno alla prevenzione delle barriere, agendo sulle condizioni di accesso e partecipazione prima che il fallimento scolastico si manifesti.

La ricerca sull'inclusione ha infatti mostrato che una quota significativa degli ostacoli all'apprendimento non deriva esclusivamente dalle caratteristiche individuali, ma è prodotta dall'interazione tra tali caratteristiche e contesti didattici progettati in modo rigido, monomodale

e poco flessibile (Florian & Black-Hawkins, 2011). Quando il curricolo privilegia una sola forma di rappresentazione (prevalentemente verbale/scritta), una sola modalità di azione ed espressione (prestazione standardizzata) e un'unica forma di coinvolgimento (tempi e ritmi uniformi), esso costruisce implicitamente un “profilo ideale” di studente. Chi si discosta da quel profilo — per differenze sensoriali, cognitive, linguistiche o emotive — non incontra solo una difficoltà individuale, ma una barriera sistematica: il contenuto non è necessariamente troppo difficile, è inaccessibile nel modo in cui viene proposto.

In questo quadro, la progettazione multisensoriale non equivale a “fare più attività” o a moltiplicare indiscriminatamente gli stimoli, bensì a progettare l’esperienza didattica affinché presenti più vie di accesso al significato e più opportunità di costruire competenza. Ciò avviene quando l’insegnante predispone alternative di rappresentazione (ad es. immagini, mappe, modelli, dimostrazioni), di azione/espressione (ad es. prodotti multimodali, performance, manipolazioni guidate) e di coinvolgimento (ad es. scelta, gradualità, compiti autentici). Questa impostazione è pienamente coerente con l’Universal Design for Learning, che propone di progettare percorsi flessibili e accessibili fin dall’origine, assumendo la variabilità come norma e non come eccezione (Meyer, Rose & Gordon, 2014; CAST, 2018).

Assunta come criterio di base, la multisensorialità produce quindi un effetto preventivo: riduce la probabilità che emergano difficoltà “secondarie” generate da accesso incompleto, incomprensione delle consegne, sovraccarico cognitivo o fallimenti ripetuti. Inoltre, riduce la necessità di interventi correttivi successivi perché molte esigenze che normalmente richiederebbero un adattamento individuale vengo-

no inglobate nella progettazione ordinaria. Questo non elimina la personalizzazione per chi ne ha bisogno, ma sposta l'equilibrio verso un modello in cui il contesto è progettato per includere, e gli interventi individuali diventano più mirati e meno “riparativi”. In sintesi, la didattica multisensoriale può essere letta come una strategia di equità pedagogica: non mira a rendere “tutti uguali”, ma a garantire che tutti abbiano condizioni realistiche per accedere ai contenuti, comprenderli e dimostrare ciò che sanno. In questa prospettiva, l'inclusione non coincide con l'aggiunta di misure speciali, ma con la capacità del curricolo di non produrre barriere evitabili, riconoscendo la diversità dei funzionamenti come parte costitutiva dell'esperienza educativa (Florian & Black-Hawkins, 2011; Meyer, Rose & Gordon, 2014).

### **Multisensorialità e valutazione: ripensare cosa significa “dimostrare competenza”**

Un ambito particolarmente delicato e spesso trascurato nel dibattito sulla didattica multisensoriale riguarda il rapporto tra multisensorialità e valutazione degli apprendimenti. I sistemi valutativi tradizionali, soprattutto nei contesti scolastici formali, tendono a privilegiare modalità di espressione prevalentemente verbali e scritte, assumendo implicitamente che tali forme rappresentino canali neutrali e universalmente accessibili per dimostrare la conoscenza. Questa assunzione, tuttavia, è sempre più messa in discussione dalla ricerca educativa, poiché rischia di confondere la padronanza di un formato espressivo con la reale comprensione dei contenuti (Shepard, 2000).

Quando la valutazione è rigidamente ancorata a una modalità unica, essa non misura soltanto ciò che lo studente sa, ma anche — e talvolta

soprattutto — la sua capacità di adattarsi a quel formato specifico. Ne consegue che studenti con differenti profili cognitivi, linguistici o sensoriali possono risultare penalizzati non per una mancanza di competenza, ma per una difficoltà di espressione in quella forma particolare. In questo senso, la valutazione tradizionale può produrre bias sistematici, rendendo invisibile l'apprendimento realmente avvenuto e rafforzando disuguaglianze preesistenti.

La letteratura sulla valutazione autentica propone un cambio di paradigma, spostando l'attenzione dalla verifica della riproduzione di contenuti alla documentazione della capacità di usare conoscenze e abilità in contesti significativi. Wiggins (1998) sottolinea come una valutazione sia autentica quando chiede allo studente di dimostrare ciò che sa attraverso compiti che riflettono il modo in cui le competenze vengono effettivamente utilizzate nella realtà. In questa prospettiva, offrire modalità diversificate di dimostrazione della competenza — orali, visive, pratiche, performative o multimodali — non rappresenta una concessione, ma una condizione necessaria per rendere la valutazione più valida e informativa.

La ricerca di Shepard (2000) evidenzia inoltre come la valutazione, se concepita come parte integrante del processo di apprendimento, debba fornire opportunità multiple per rendere visibile la comprensione, sostenendo la metacognizione e il feedback formativo. In un impianto multisensoriale, la valutazione si configura come processo continuo e multimodale, capace di cogliere non solo il prodotto finale, ma anche le strategie, i passaggi intermedi e le modalità di problem solving adottate dagli studenti.

La didattica multisensoriale offre quindi una cornice particolarmente fertile per ripensare il significato stesso di “dimostrare competenza”. Consentire agli studenti di scegliere o combinare diverse modalità espressive — ad esempio attraverso mappe concettuali, modelli fisici, simulazioni, presentazioni visive, dimostrazioni pratiche o portfolio documentativi — permette di separare più chiaramente la competenza disciplinare dalla competenza espressiva in un singolo codice. Ciò aumenta l'affidabilità della valutazione, poiché riduce la probabilità che il risultato rifletta limiti del canale piuttosto che del pensiero.

Questa impostazione è coerente anche con i principi dell’Universal Design for Learning, che invitano a offrire molteplici modalità di azione ed espressione come componente strutturale della progettazione didattica (Meyer, Rose & Gordon, 2014; CAST, 2018). In tale quadro, la valutazione multisensoriale non abbassa gli standard, ma li rende più trasparenti e accessibili, chiarendo cosa viene realmente valutato e ampliando le condizioni in cui la competenza può emergere.

In conclusione, integrare la multisensorialità nei processi valutativi significa spostare il focus dalla forma alla sostanza dell’apprendimento. Una valutazione che accoglie la pluralità dei canali espressivi è più equa, più informativa e più coerente con la complessità dei processi cognitivi reali, poiché riconosce che comprendere e saper fare non coincidono necessariamente con la capacità di esprimersi in un unico formato standardizzato.

## **Multisensorialità e professionalità del docente**

Assumere la multisensorialità come principio guida non implica soltanto l’adozione di tecniche “più varie”, ma comporta una trasfor-

mazione profonda della professionalità docente, intesa come capacità di progettare, governare e valutare ambienti di apprendimento complessi. In questa prospettiva, la competenza dell'insegnante non coincide con il semplice possesso di strategie, bensì con una forma di expertise situata che integra osservazione, interpretazione del contesto, decisione in tempo reale e progettazione flessibile. La multisensorialità, infatti, richiede di orchestrare intenzionalmente linguaggi e media diversi (verbale, visivo, corporeo, manipolativo, digitale), mantenendo coerenza tra obiettivi, attività e condizioni di accesso.

Un primo snodo riguarda lo sviluppo di competenze di osservazione professionale: l'insegnante multisensoriale non osserva soltanto "quanto" gli studenti producono, ma "come" funzionano nel compito. Ciò implica saper leggere segnali corporei (postura, irrequietezza, immobilità), attentivi (dispersione, fissità, oscillazioni), emotivi (frustrazione, ansia, disingaggio) e relazionali (ritiro, conflitto, cooperazione) come indicatori della qualità dell'interazione tra studenti e ambiente. In linea con la prospettiva dei sistemi complessi, tali segnali non sono meri "comportamenti" individuali, ma fenomeni emergenti che rivelano il livello di regolazione e di accessibilità del sistema classe (Davis & Sumara, 2006). Ne consegue che la professionalità docente si qualifica anche come capacità di diagnosi ecologica: capire quali caratteristiche del setting e della proposta didattica stanno facilitando o ostacolando la partecipazione.

In questo quadro, diventa centrale la teacher agency, intesa come capacità dell'insegnante di agire intenzionalmente e responsabilmente dentro contesti vincolati, modulando pratiche e decisioni sulla base di ciò che accade nell'interazione educativa. Biesta, Priestley e Robinson

(2015) evidenziano che l'agency non è un tratto individuale stabile, ma un risultato "ecologico": emerge dall'intreccio tra competenze professionali, condizioni organizzative, cultura scolastica e risorse disponibili. Applicata alla multisensorialità, questa prospettiva chiarisce che i docenti più efficaci non sono quelli che applicano protocolli in modo rigido, ma quelli che sanno adattare in tempo reale setting sensoriale, linguaggi e modalità di interazione per mantenere la classe in una condizione di partecipazione sostenibile (Biesta, Priestley & Robinson, 2015).

Questa adattività professionale ha implicazioni inclusive dirette. La letteratura sull'inclusive pedagogy sottolinea che molte forme di esclusione sono implicite, prodotte da pratiche ordinarie che presuppongono un unico modo "corretto" di prestare attenzione, comprendere e dimostrare competenza. Florian e Black-Hawkins (2011) mostrano come un insegnamento realmente inclusivo non si limiti a differenziare per alcuni, ma progetti opportunità di apprendimento valide per tutti, riducendo le barriere create dalla standardizzazione. In tale cornice, la didattica multisensoriale supporta l'inclusione perché amplia le possibilità di accesso e partecipazione; tuttavia, perché questo avvenga, l'insegnante deve possedere competenze di progettazione e gestione capaci di evitare sia l'"appiattimento monomodale" sia la sovrastimolazione non intenzionale.

Sul piano della progettazione, la professionalità multisensoriale si configura come capacità di costruire percorsi flessibili fin dall'origine, coerentemente con i principi dell'Universal Design for Learning. Meyer, Rose e Gordon (2014) evidenziano che progettare per la variabilità significa predisporre alternative di rappresentazione, espressi-

one e coinvolgimento, anticipando i bisogni invece di intervenire solo dopo l'emergere delle difficoltà. Di conseguenza, l'insegnante non “aggiunge” strumenti per alcuni, ma costruisce un impianto didattico che prevede diverse traiettorie legittime verso lo stesso obiettivo, mantenendo al contempo criteri valutativi chiari e comuni.

Infine, la didattica multisensoriale richiede una professionalità riflessiva. Insegnare in modo multisensoriale non significa soltanto “fare”, ma anche interrogarsi su cosa produce realmente apprendimento: quali stimoli generano senso e quali confusione; quali media sostengono la comprensione e quali aumentano il carico cognitivo; quali configurazioni favoriscono la cooperazione e quali l'esclusione. In questo senso, la riflessività non è un elemento accessorio della professionalità, ma una condizione di qualità: consente di trasformare l'osservazione in decisione didattica e la decisione in riprogettazione, promuovendo un miglioramento continuo basato su evidenze e documentazione.

In sintesi, la multisensorialità come principio guida ridefinisce la professionalità docente come competenza di governo dell'ecologia della classe: un sapere pratico-teorico che integra lettura del sistema, agency, progettazione universale e riflessione professionale, con l'obiettivo di aumentare partecipazione e ridurre esclusioni implicite (Davis & Sumara, 2006; Biesta, Priestley & Robinson, 2015; Florian & Black-Hawkins, 2011; Meyer, Rose & Gordon, 2014).

## Dal piano al contesto: PEI e PDP sensoriali come leve di empowerment docente

L'assunzione della multisensorialità come principio guida della professionalità docente trova una declinazione operativa particolarmente significativa nella scrittura di PEI e PDP sensoriali, come proposto nel capitolo precedente. Questi strumenti, se intesi non come adempimenti burocratici ma come dispositivi di progettazione, obbligano il docente a trasformare intuizioni e impressioni in ipotesi osservabili, criteri di intervento e scelte didattiche verificabili. Tuttavia, la letteratura sulla qualità della progettazione inclusiva mette in guardia da un rischio ricorrente: PEI e PDP vengono spesso compilati in modo descrittivo o “catalogico”, riproducendo etichette diagnostiche o liste di misure standard senza un nesso esplicito con le barriere contestuali e con l'analisi funzionale dei compiti (Florian & Black-Hawkins, 2011). In una prospettiva realmente inclusiva, invece, un PEI/PDP sensoriale richiede competenze professionali specifiche: saper osservare come lo studente funziona in relazione a setting, tempi, canali e richieste, distinguendo tra difficoltà di competenza e difficoltà di accesso; saper formulare obiettivi operazionali e criteri di successo; saper progettare alternative di rappresentazione, azione/espressione e coinvolgimento coerenti con il profilo sensoriale e con le richieste della situazione (Meyer, Rose & Gordon, 2014; CAST, 2018). Il punto critico è che tali competenze non sono “automatiche”: la capacità di scrittura di un piano efficace dipende dalla presenza di una cultura professionale di osservazione e documentazione, nonché da condizioni organizzative che sostengano l'agency docente (tempo, confronto, co-progettazione). In questo senso, il lavoro su PEI e PDP sensoriali può diventare un po-

tente strumento di empowerment: quando il docente è guidato a raccogliere evidenze (indicatori attentivi, corporei, emotivi; qualità della partecipazione; risposta a modifiche ambientali), a interpretarle in chiave ecologica e a tradurle in scelte progettuali, aumenta la sua teacher agency, cioè la capacità di agire intenzionalmente sul contesto e non solo di “gestire” l’esito (Biesta, Priestley & Robinson, 2015). Inoltre, questi piani favoriscono lo sviluppo di una professionalità riflessiva perché rendono visibili i nessi tra variabili didattiche e funzionamento dello studente, riducendo la tendenza a imputare le difficoltà esclusivamente a caratteristiche individuali. In chiave multisensoriale, PEI e PDP diventano così “laboratori di competenza docente”: strutturano un ciclo osservazione–ipotesi–intervento–monitoraggio che rafforza la qualità dell’inclusione e, al tempo stesso, costruisce nei docenti una competenza sistematica di progettazione e di lettura del gruppo classe, con ricadute positive che possono estendersi oltre il singolo caso.

## **Implicazioni etiche e di equità educativa**

La didattica multisensoriale solleva una questione etica centrale per la scuola contemporanea: chi viene avvantaggiato e chi viene penalizzato da un certo modo di insegnare, valutare e organizzare l’esperienza scolastica. Ogni scelta didattica, anche quando presentata come “neutra”, incorpora un’idea implicita di studente e di apprendimento: privilegia alcuni codici comunicativi, alcuni stili di partecipazione, alcune forme di attenzione e alcune modalità di espressione. Quando l’insegnamento è prevalentemente monomodale (ad esempio centrato su ascolto prolungato, spiegazione frontale, lettura/scrittura come canali dominanti), esso tende a favorire studenti che possiedono maggiore

familiarità con quei codici, sia per ragioni cognitive e linguistiche sia per ragioni culturali e socioeconomiche. In tal senso, la didattica non è mai solo un fatto tecnico: è sempre anche una pratica con implicazioni di equità.

La ricerca internazionale sull'equità educativa evidenzia come i sistemi scolastici possano contribuire — spesso in modo non intenzionale — alla riproduzione delle disuguaglianze, quando le opportunità di apprendimento effettive non sono distribuite in modo equo e quando le barriere sono incorporate nelle pratiche ordinarie (OECD, 2018). Modelli didattici uniformanti e valutazioni standardizzate, se non accompagnati da dispositivi di accesso e partecipazione, possono amplificare gli svantaggi degli studenti che partono da condizioni meno favorevoli: minore esposizione a linguaggi scolastici, difficoltà linguistiche, profili neurodivergenti, differenze sensoriali o minori risorse di supporto extrascolastico. L'effetto complessivo è che la scuola rischia di premiare non solo la comprensione, ma anche la conformità a un formato implicito di “buon apprendente”.

In questo quadro, la multisensorialità non può essere ridotta a una scelta metodologica tra le altre, ma assume il valore di scelta di giustizia educativa. Offrire più canali di accesso al sapere significa ridurre l'asimmetria tra ciò che la scuola richiede e ciò che gli studenti possono realisticamente mettere in campo, creando condizioni più eque per comprendere, partecipare e dimostrare competenza. L'idea di fondo è che molte difficoltà non dipendano tanto dalla mancanza di capacità, quanto dalla presenza di barriere progettuali: se un contenuto è presentato in un solo modo, la scuola misura inevitabilmente anche l'aderenza a quel modo. Rendere l'esperienza didattica multisenso-

riale, invece, significa progettare in modo che la competenza possa emergere attraverso più vie, riducendo la quota di fallimento dovuta a ostacoli evitabili.

Questa prospettiva si collega in modo diretto ai principi dell'Universal Design for Learning, che assumono la variabilità come norma e propongono di progettare fin dall'origine percorsi flessibili e accessibili, evitando che l'inclusione sia affidata a interventi tardivi o individuali (Meyer, Rose & Gordon, 2014; CAST, 2018). L'UDL rende esplicito il nucleo etico della progettazione: non si tratta di trattare tutti nello stesso modo, ma di garantire a ciascuno la possibilità concreta di accedere agli obiettivi, partecipare ai processi e dimostrare ciò che sa. In altri termini, l'uguaglianza educativa non coincide con l'uniformità delle procedure, bensì con l'equità delle opportunità.

Un ulteriore elemento etico riguarda le “esclusioni silenziose”, spesso invisibili nei dati di rendimento, ma presenti nella qualità della partecipazione quotidiana: studenti che restano passivi, evitano l'interazione, rinunciano a esporsi o sviluppano strategie di disingaggio. Queste forme di marginalità possono emergere quando l'ambiente e la didattica non considerano la diversità sensoriale e comunicativa, o quando l'esperienza di apprendimento diventa costantemente stressante e poco accessibile. In tal senso, la multisensorialità può essere intesa come pratica preventiva: non solo riduce la probabilità di insuccesso, ma sostiene un clima di classe in cui più studenti possono sentirsi legittimati a partecipare, con effetti positivi sul benessere e sulla qualità dell'esperienza educativa.

In conclusione, adottare una didattica multisensoriale significa assumere che la scuola non debba selezionare chi riesce ad adattarsi a

un unico formato, ma debba costruire condizioni di accesso in cui la pluralità dei funzionamenti sia prevista e valorizzata. La domanda etica “chi viene avvantaggiato?” diventa allora una guida progettuale: ogni scelta didattica dovrebbe essere valutata anche per i suoi effetti di inclusione/esclusione. In questa chiave, la multisensorialità non è un “extra”, ma un criterio di qualità e di equità: riconosce che la partecipazione reale è il cuore dell’educazione e che la giustizia educativa passa dalla capacità di progettare ambienti e percorsi in cui tutti possano apprendere in modo significativo (OECD, 2018; Meyer, Rose & Gordon, 2014).

### *Conclusioni*

L’analisi sviluppata in questa sezione ha mostrato come la didattica multisensoriale, se assunta in modo rigoroso e sistematico, non possa essere ridotta a una scelta metodologica circoscritta, ma debba essere intesa come principio organizzatore dell’azione educativa. I diversi contributi teorici e di ricerca presi in esame convergono nel delineare una visione dell’apprendimento come processo complesso, situato e profondamente influenzato dalle modalità attraverso cui l’esperienza didattica viene progettata, mediata e valutata.

Considerare la multisensorialità come criterio di sistema consente di superare la tradizionale logica compensativa, che interviene solo a posteriori sul singolo studente, spostando l’attenzione verso la prevenzione delle barriere. La progettazione multisensoriale, integrata nei curricoli, negli ambienti e nei dispositivi valutativi, riduce la probabilità che le difficoltà emergano come esiti di pratiche rigide e monomodali, rendendo l’inclusione una proprietà strutturale del contesto piuttosto che un insieme di interventi correttivi.

Un aspetto particolarmente rilevante riguarda la valutazione degli apprendimenti, che, alla luce della multisensorialità, viene ripensata come processo capace di cogliere la comprensione profonda e l'uso significativo delle conoscenze, e non soltanto l'aderenza a un formato espressivo standard. Offrire modalità diversificate di dimostrazione della competenza aumenta l'equità e la validità della valutazione, rendendo più trasparente ciò che viene effettivamente misurato e riducendo i bias legati agli stili cognitivi e sensoriali.

Allo stesso tempo, emerge con forza il ruolo della professionalità docente, chiamata a evolvere verso una competenza riflessiva e sistematica. La multisensorialità richiede docenti capaci di osservare il funzionamento del gruppo classe, interpretare i segnali corporei, attentivi ed emotivi come indicatori della qualità dell'interazione didattica e intervenire in modo flessibile sul setting e sulle modalità di insegnamento. In questo quadro, la progettazione di PEI e PDP sensoriali si configura come un potente strumento di sviluppo professionale, poiché sostiene competenze di osservazione, progettazione e agency, trasformando la personalizzazione da adempimento formale a pratica intenzionale di qualità.

Infine, la riflessione sulle implicazioni etiche e di equità educativa chiarisce come la multisensorialità rappresenti una scelta di giustizia pedagogica. Ogni modello didattico avvantaggia implicitamente alcuni studenti e ne penalizza altri; rendere l'esperienza di apprendimento sensorialmente accessibile significa interrogare criticamente queste asimmetrie e lavorare per ridurre le esclusioni silenziose prodotte da pratiche uniformanti. In questa prospettiva, l'uguaglianza non coincide con l'uniformità delle procedure, ma con la possibilità reale

per tutti gli studenti di partecipare in modo significativo ai processi di apprendimento.

In conclusione, la didattica multisensoriale, intesa come principio strutturante e non come insieme di tecniche, offre una cornice teorico-pratica capace di integrare qualità didattica, inclusione ed equità. Essa invita a ripensare la scuola come un ecosistema di apprendimento responsivo, in cui progettazione, valutazione e professionalità docente concorrono a creare condizioni di accesso autentiche al sapere, riconoscendo la variabilità degli studenti non come un problema da gestire, ma come una risorsa da cui partire per costruire un'educazione più giusta e scientificamente fondata.

## Bibliografia

- Arnsten, A. F. T. (2009). Stress signalling pathways that impair pre-frontal cortex structure and function. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 410–422.
- Armstrong, T. (2010). *Neurodiversity: Discovering the extraordinary gifts of autism, ADHD, dyslexia, and other brain differences*. Da Capo Press.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y., & Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: A holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118–133.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617–645.
- Ben-Sasson, A., et al. (2009). A meta-analysis of sensory modulation symptoms in individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(1), 1–11.

- Biesta, G., Priestley, M., & Robinson, S. (2015). *Teacher agency: An ecological approach*. Bloomsbury.
- Bogdashina, O. (2016). *Sensory perceptual issues in autism and Asperger syndrome* (2nd ed.). Jessica Kingsley Publishers.
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines*. CAST.
- Damasio, A. (2010). *Self comes to mind: Constructing the conscious brain*. Pantheon Books.
- Davis, B., & Sumara, D. (2006). *Complexity and education: Inquiries into learning, teaching, and research*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Dunn, W. (1997). The impact of sensory processing abilities on the daily lives of young children and their families. *Infants & Young Children*, 9(4), 23–35.
- Florian, L., & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. *Cambridge Journal of Education*, 41(4), 459–472.
- Freeman, S., et al. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415.
- Gallese, V. (2005). Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4(1), 23–48.
- Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(4), 586–596.

- Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to Western thought*. Basic Books.
- Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). *Universal Design for Learning: Theory and practice*. CAST.
- OECD. (2018). *Equity in education: Breaking down barriers to social mobility*. OECD Publishing.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford University Press.
- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(7), 576–582.
- Rivoltella, P. C. (2014). *Neurodidattica*. Raffaello Cortina Editore.
- Shepard, L. A. (2000). The role of assessment in a learning culture. *Educational Researcher*, 29(7), 4–14.
- Siegel, D. J. (1999). *The developing mind*. Guilford Press.
- Singer, J. (2017). *NeuroDiversity: The birth of an idea*. Judy Singer.
- Vygotskij, L. S. (1934/1990). *Pensiero e linguaggio*. Laterza.
- Wiggins, G. (1998). *Educative assessment: Designing assessments to inform and improve student performance*. Jossey-Bass.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625–636.

**EUGENIA TREGLIA**

## Progettare ambienti di apprendimento multisensoriali

### Introduzione

Negli ultimi anni, il crescente dialogo tra neuroscienze educative, pedagogia e scienze cognitive ha messo in evidenza il ruolo centrale della multisensorialità nei processi di apprendimento. Numerosi studi hanno mostrato come l'esperienza cognitiva non si sviluppi in modo astratto o disincarnato, ma emerga dall'interazione dinamica tra mente, corpo e ambiente, all'interno di contesti percettivamente ricchi e significativi (Barsalou, 2008; Wilson, 2002). In questa prospettiva, l'apprendimento si configura come un processo profondamente *embodied* e situato, in cui i canali sensoriali concorrono in modo integrato alla costruzione di conoscenza, significato e competenza.

Le neuroscienze cognitive hanno inoltre evidenziato come l'integrazione multisensoriale rappresenti una condizione ordinaria del funzionamento cerebrale, e non un'eccezione: la percezione, la memoria e il pensiero si fondano su reti neurali distribuite che integrano informazioni provenienti da più modalità sensoriali (Shams & Seitz, 2008; Stein & Stanford, 2008). Tali evidenze, riprese anche nell'ambito del-

le neuroscienze educative, hanno contribuito a superare una visione dell'apprendimento prevalentemente verbocentrica, sollecitando una riconsiderazione dei contesti educativi come ambienti complessi, in cui dimensioni cognitive, corporee ed emotive risultano strettamente intrecciate (Immordino-Yang & Damasio, 2007).

Se la multisensorialità rappresenta dunque un principio fondativo dell'esperienza educativa, il rischio, tuttavia, è che essa rimanga confinata a una dimensione prevalentemente teorica o venga tradotta in pratiche episodiche, non sempre sostenute da una progettazione intenzionale. L'introduzione di stimoli sensoriali aggiuntivi, infatti, non coincide automaticamente con la creazione di ambienti di apprendimento multisensoriali efficaci. Al contrario, la letteratura mette in guardia rispetto agli effetti di un'eccessiva o disorganizzata stimolazione, che può generare sovraccarico cognitivo, frammentazione attentiva e interferenze nei processi di apprendimento (Mayer, 2009; Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011).

A partire da queste considerazioni, il presente capitolo si propone di spostare l'attenzione dalla multisensorialità come principio generale alla multisensorialità come oggetto di progettazione educativa. In continuità con le cornici neuroscientifiche, pedagogiche e tecnologiche delineate nelle sezioni precedenti del volume, l'obiettivo è offrire una riflessione sistematica sulle modalità attraverso cui gli ambienti di apprendimento – fisici, ibridi e, in parte, digitali – possono essere intenzionalmente progettati per sostenere processi cognitivi, emotivi e corporei in modo integrato.

L'ambiente di apprendimento viene qui inteso non come semplice contenitore dell'azione didattica, ma come un vero e proprio dispos-

itivo pedagogico, capace di orientare comportamenti, facilitare l'attenzione, sostenere l'autoregolazione e promuovere forme di apprendimento attivo ed esperienziale (OECD, 2017; Oblinger, 2006). In questa prospettiva, progettare ambienti multisensoriali significa operare scelte consapevoli in relazione agli spazi, ai materiali, ai ritmi, agli stimoli percettivi e alle possibilità di interazione, assumendo una visione sistemica e non additiva della dimensione sensoriale.

La riflessione proposta si colloca in una prospettiva di traduzione progettuale delle evidenze teoriche, con l'obiettivo di offrire principi guida, dimensioni di analisi e modelli di riferimento utili a ripensare gli ambienti educativi in chiave multisensoriale. In questa cornice, la progettazione di ambienti multisensoriali non viene considerata come un insieme di soluzioni standardizzate, ma come un processo dinamico, adattivo e contestuale, che richiede competenze di osservazione, riflessione e regolazione continua. Ripensare gli spazi dell'apprendimento alla luce della complessità sensoriale significa, in ultima analisi, promuovere una cultura progettuale capace di valorizzare la pluralità dei canali percettivi e di riconoscere l'ambiente come parte integrante del processo educativo.

## **Ambiente di apprendimento come sistema multisensoriale**

Nella riflessione pedagogica e neuroeducativa contemporanea, l'ambiente di apprendimento non può più essere inteso come un semplice contenitore fisico dell'azione didattica, né come uno sfondo neutro rispetto ai processi cognitivi che in esso si sviluppano. Al contrario, un ampio corpus di ricerche riconduce l'ambiente a un sistema dinamico e integrato, nel quale percezione, cognizione, emozione e

azione si co-determinano in modo continuo e ricorsivo (Castro-Alonso et al., 2024; El-Husseiny et al., 2025; Yun & Lee, 2025).

Questa prospettiva si colloca pienamente all'interno del paradigma dell'*embodied cognition*, secondo cui i processi cognitivi non sono separabili dall'esperienza corporea e dalle interazioni sensori-motorie con l'ambiente. Il corpo non costituisce un semplice veicolo della mente, ma ne rappresenta una componente strutturale: il pensiero, la memoria e la comprensione emergono dall'azione situata e dalla percezione multisensoriale del contesto (Wilson, 2002; Barsalou, 2008). In ambito educativo, ciò implica che l'ambiente concorra attivamente alla costruzione della conoscenza, modulando l'attenzione, orientando l'azione e sostenendo i processi di autoregolazione. In questa cornice, l'ambiente di apprendimento può essere descritto come un sistema reciprocamente responsivo, capace di adattarsi alle azioni degli studenti e, al contempo, di influenzarle. L'apprendimento *embodied* si fonda infatti su cicli continui di percezione e azione, in cui lo studente esplora l'ambiente, riceve feedback multisensoriali e riorganizza progressivamente le proprie rappresentazioni cognitive (Wang, 2025). L'ambiente non agisce dunque in modo passivo, ma partecipa attivamente al processo educativo, configurandosi come un elemento costitutivo dell'esperienza di apprendimento.

Un aspetto centrale di questa concezione riguarda la nozione di spazio *embodied*, inteso non come entità geometrica astratta, ma come esperienza fenomenologica che emerge dall'interazione tra il corpo percipiente e il contesto fisico. Lo spazio educativo prende forma attraverso il movimento, la postura, la distanza interpersonale, la percezione delle superfici e l'orientamento del corpo, diventando parte

integrante del processo cognitivo (Thorburn & Marshall, 2014; Yun & Lee, 2025).

La letteratura evidenzia come le caratteristiche fisiche degli spazi – la disposizione degli arredi, la qualità della luce, la propagazione del suono, la varietà delle texture – incidano in modo significativo sui comportamenti cognitivi ed emotivi degli studenti (Spence, 2020). Tali elementi non hanno una funzione meramente estetica, ma contribuiscono a strutturare le possibilità di azione e di interazione, influenzando l'attenzione, la concentrazione e il senso di orientamento nello spazio.

Particolarmente rilevante è il ruolo della propriocezione, ovvero la consapevolezza del proprio corpo nello spazio, che costituisce una componente fondamentale dei processi di autoregolazione. Ambienti che forniscono *feedback* corporei coerenti e leggibili facilitano la stabilità attentiva e il controllo del comportamento, sostenendo l'impegno cognitivo nel tempo (Ainley et al., 2016). In questo senso, lo spazio *embodied* non è semplicemente vissuto, ma contribuisce attivamente a organizzare l'esperienza di apprendimento.

Una comprensione sistematica dell'ambiente di apprendimento richiede inoltre di superare una visione compartmentata delle funzioni psichiche. Le evidenze neuroscientifiche mostrano con chiarezza che percezione, emozione e cognizione non operano come processi separati e sequenziali, ma come dimensioni profondamente intrecciate di un unico sistema adattivo (Seth & Friston, 2016). L'ambiente educativo, di conseguenza, agisce simultaneamente su più livelli, attivando configurazioni percettive che assumono immediata rilevanza emotiva e cognitiva.

Dal punto di vista percettivo, numerosi studi dimostrano che l'integrazione di stimoli multisensoriali – visivi, uditivi, tattili e propriocettivi – consente la costruzione di rappresentazioni mentali più stabili e trasferibili rispetto a contesti basati su un singolo canale sensoriale (Shams & Seitz, 2008; Zhang et al., 2023). L'integrazione multisensoriale non produce un effetto meramente additivo, ma una riorganizzazione qualitativa dell'esperienza percettiva, che rafforza la comprensione e la memoria a lungo termine (Kirsch & Kunde, 2022). Parallelamente, la dimensione emotiva svolge una funzione regolativa cruciale. Gli stati affettivi orientano l'attenzione, modulano la motivazione e segnalano la rilevanza delle informazioni da consolidare nella memoria (McEwen & Gianaros, 2010). Ambienti che favoriscono stati di calma vigile, interesse e coinvolgimento significativo risultano associati a livelli più elevati di persistenza cognitiva e di autoregolazione emotiva (Rakovi et al., 2024). In particolare, la presenza di elementi di complessità naturale e di variabilità percettiva controllata è stata associata a benefici sia cognitivi sia emotivi, soprattutto in contesti di apprendimento informale e outdoor (Yang et al., 2025; Li & Li, 2025).

Considerare l'ambiente di apprendimento come sistema multisensoriale significa, in ultima analisi, riconoscere che l'esperienza educativa emerge dall'interazione tra configurazione spaziale, stimolazione percettiva e coinvolgimento emotivo-cognitivo. L'ambiente non si limita a ospitare le attività didattiche, ma contribuisce a strutturarne il significato, orientando le modalità con cui gli studenti percepiscono, agiscono e attribuiscono senso all'esperienza formativa.

Questa prospettiva sistematica costituisce la base concettuale per una riflessione più specificamente progettuale, che verrà approfondita nella sezione successiva. Comprendere l’ambiente come sistema multisensoriale rappresenta infatti un passaggio preliminare indispensabile per interrogarsi su come tali dimensioni possano essere intenzionalmente orchestrate in funzione degli obiettivi educativi, evitando approcci frammentari o meramente additivi alla stimolazione sensoriale.

## **Principi guida per la progettazione di ambienti multisensoriali**

Assumere la multisensorialità come caratteristica costitutiva dell’apprendimento implica un passaggio decisivo: dalla sua considerazione come principio teorico generale alla sua traduzione in scelte progettuali intenzionali. Come emerso nella sezione precedente, l’ambiente di apprendimento agisce come sistema dinamico, *embodied* e percettivo-emotivo-cognitivo; tuttavia, tali caratteristiche non si attivano spontaneamente. Esse dipendono dal modo in cui l’ambiente viene pensato, strutturato e regolato nel tempo.

La progettazione multisensoriale non può essere ridotta all’introduzione occasionale di stimoli sensoriali aggiuntivi, né a un arricchimento estetico dello spazio. L’ “aggiunta di stimoli” rappresenta un approccio che, sebbene superficialmente allineato con i principi della multisensorialità, ne rappresenta in realtà un fraintendimento. In questo approccio, si assume che più stimoli sensoriali corrispondano ad un migliore apprendimento. Pertanto, la progettazione dell’ambiente procede secondo una logica additiva: aggiungiamo suoni a stimoli visivi, aggiungiamo texture tattili ai contenuti uditivi, e così via, come se

la somma degli elementi multisensoriali producesse automaticamente una sinergia cognitiva. Questa assunzione è errata per diverse ragioni. Innanzitutto, l'eccesso di stimoli sensoriali non coordinati può generare carico cognitivo eccessivo (Skulmowski & Rey, 2017). Quando il cervello riceve flussi di informazioni multisensoriali che non sono strutturati secondo una gerarchia coerente, la sua capacità di elaborazione viene sovraccaricata. Anziché facilitare l'apprendimento, gli stimoli ridondanti e non-correlati effettivamente lo ostacolano, generando distrazione e confusione cognitiva.

In secondo luogo, l'aggiunta acritica di stimoli ignora il principio fondamentale dell'integrazione sensoriale intenzionale (Yun & Lee, 2025). Non tutti gli stimoli sensoriali sono ugualmente rilevanti per un dato compito di apprendimento. L'inclusione di stimoli sensoriali che non hanno una relazione semantica chiara con il contenuto da apprendere può effettivamente interferire con la costruzione del significato, creando rumore cognitivo piuttosto che segnale.

La progettazione multisensoriale non è dunque una proprietà statica dell'ambiente, ma il risultato di un processo intenzionale, che tiene conto della complessità dell'esperienza educativa e della variabilità dei contesti. Ogni scelta relativa agli stimoli percettivi presenti nell'ambiente deve essere motivata da una funzione educativa riconoscibile. Gli stimoli sensoriali non sono mai neutri: essi orientano l'attenzione, evocano stati emotivi, facilitano o ostacolano l'elaborazione cognitiva. La letteratura sull'integrazione multisensoriale mostra chiaramente che l'apprendimento beneficia della convergenza tra modalità sensoriali quando queste risultano semanticamente coerenti con il compito (Kim, Shams & Seitz, 2008). Al contrario, stimoli non

pertinenti o non coordinati possono interferire con la costruzione del significato. Progettare in modo intenzionale significa quindi chiedersi, per ogni dimensione sensoriale coinvolta, che cosa sostiene, che cosa regola e che cosa rende possibile sul piano cognitivo ed esperienziale.

Ciò implica anche il procedere secondo principi di coerenza gerarchica e significato percettivo-cognitivo integrato. In questa prospettiva, ogni elemento sensoriale è incluso perché serve una funzione specifica nell'architettura complessiva dell'esperienza di apprendimento. La progettazione multisensoriale intenzionale richiede pertanto che i progettisti sviluppino una mappa esplicita della relazione tra obiettivi di apprendimento e canali sensoriali (Wang & Yoo, 2025). Quali concetti o abilità si intendono sviluppare? Quale ruolo sensoriale può giocare ogni modalità percettiva nel facilitare l'apprendimento di questi concetti? Ad esempio, se l'obiettivo è l'apprendimento della geometria, come possono gli stimoli tattili, propriocettivi e visivi essere coordinati in modo che si supportino reciprocamente nella costruzione di rappresentazioni mentali robuste del concetto geometrico? La coerenza percettiva svolge una funzione regolativa fondamentale: riduce il carico cognitivo estraneo, facilita l'orientamento attentivo e sostiene la continuità dell'esperienza di apprendimento. In ambienti coerenti, lo studente non deve continuamente riorientarsi rispetto a stimoli correnti, ma può concentrare le proprie risorse cognitive sul compito.

La ricerca ha dimostrato che quando questa coordinazione intenzionale avviene, gli effetti sono incredibilmente positivi. Uno studio sulla comprensione della geometria attraverso attività *embodied* ha mostrato, ad esempio, che studenti che potevano manipolare fisicamente oggetti geometrici e registrare simultaneamente *feedback* vi-

sivi e tattili sviluppavano rappresentazioni mentali molto più stabili rispetto a studenti che ricevevano insegnamento puramente simbolico (Wang & Yoo, 2025). Significativamente, questa superiorità non derivava dall'aggiunta indiscriminata di stimoli, ma dalla calibrazione intenzionale di questi ultimi al processo di apprendimento specifico.

Un altro principio fondamentale cui attenersi per la progettazione multisensoriale intenzionale riguarda l'economia percettiva. Non si tratta di stimolare il massimo numero possibile di sensi simultaneamente, ma di selezionare e orchestrare gli input sensoriali in modo che ogni elemento contribuisca in modo distinto e complementare alla costruzione del significato. La ricerca sulla *cognitive load theory* ha chiaramente documentato che la progettazione efficace è quella che massimizza l'efficienza del processamento cognitivo, non la quantità di stimolazione sensoriale (Skulmowski & Rey, 2017).

Infine, la progettazione multisensoriale intenzionale deve riconoscere il ruolo centrale della significanza emotiva nella modulazione della percezione sensoriale stessa. Non percepiamo gli stimoli sensoriali come semplici input fisici; li percepiamo sempre già carichi di significato emotivo e motivazionale. Una progettazione veramente multisensoriale, quindi, deve incorporare elementi che creino coerenza tra la dimensione emotivo-motivazionale e le dimensioni percettivo-sensoriali (Makransky & Petersen, 2021). Quando uno studente è emotivamente coinvolto in un'attività di apprendimento multisensoriale, quando percepisce il compito come significativo e rilevante, allora le diverse modalità sensoriali vengono integrate in modo molto più coerente rispetto a quando il medesimo stimolo multisensoriale viene fornito in una cornice emotivamente neutra o addirittura alienante.

Un ambiente multisensoriale progettato in modo efficace, inoltre, si caratterizza per la sua flessibilità e modulabilità. La progettazione deve infatti prevedere una variabilità controllata degli stimoli, tale da consentire l’adattamento dell’ambiente a differenti attività, tempi e configurazioni didattiche, senza generare sovraccarico o disorientamento. Questa variabilità controllata si manifesta, ad esempio, nella possibilità di riconfigurare lo spazio in funzione degli obiettivi educativi, nella presenza di zone funzionalmente differenziate che supportano modalità di lavoro diverse, nella modulazione dell’intensità sensoriale attraverso luce, suono e movimento e nella gestione intenzionale delle transizioni tra un’attività e l’altra. In questo modo, l’ambiente diventa un dispositivo pedagogico dinamico, capace di sostenere l’attenzione, favorire l’autoregolazione e rispondere in modo flessibile ai bisogni dei soggetti e alle richieste del contesto didattico. Questa flessibilità risponde a una concezione dell’apprendimento inteso come processo dinamico e non lineare, in cui la conoscenza si costruisce attraverso continue riorganizzazioni e adattamenti. Ambienti eccessivamente uniformi o immutabili tendono infatti a cristallizzare le modalità di interazione e a ridurre le possibilità di iniziativa degli studenti; al contrario, contesti adattabili e trasformabili favoriscono l’esplorazione, la partecipazione attiva e lo sviluppo di processi di autoregolazione, consentendo ai soggetti di modulare il proprio coinvolgimento in funzione delle richieste cognitive e delle proprie caratteristiche individuali. Un elemento centrale della progettazione multisensoriale riguarda il ruolo dell’azione corporea. L’apprendimento *embodied* si fonda sull’idea che il corpo non costituisca un semplice supporto della mente, ma un vero e proprio agente epistemico, attivamente coinvolto nei processi

di costruzione del significato. Di conseguenza, gli ambienti di apprendimento dovrebbero essere progettati in modo da invitare all'azione, al movimento, alla manipolazione e all'esplorazione, valorizzando le possibilità di spostamento nello spazio, la relazione tra posture corporee e attività cognitive, la presenza di materiali manipolabili e la distribuzione degli oggetti in rapporto al corpo e ai gesti degli studenti. La progettazione dell'azione non implica necessariamente lo svolgimento di attività motorie intense, ma piuttosto un'integrazione significativa tra gesto, percezione e pensiero. Anche micro-movimenti, cambi di postura e interazioni tattili possono infatti svolgere una funzione cognitiva rilevante, sostenendo i processi di comprensione e di memoria e contribuendo alla costruzione di rappresentazioni più ricche e stabili (Barsalou, 2008). Un ambiente multisensoriale ben progettato svolge anche una rilevante funzione di regolazione. Gli stimoli sensoriali, infatti, contribuiscono a modulare i livelli di attivazione, di attenzione e di coinvolgimento emotivo, influenzando la capacità dello studente di mantenere nel tempo un impegno cognitivo sostenibile. In questa prospettiva, la progettazione dovrebbe prevedere la presenza di spazi di transizione sensoriale che accompagnino i passaggi tra attività diverse, aree caratterizzate da una bassa stimolazione per favorire il recupero attentivo, opportunità di scelta e di controllo sugli stimoli da parte degli studenti, nonché segnali ambientali capaci di sostenere l'orientamento e la prevedibilità dell'esperienza. Tali elementi concorrono a promuovere lo sviluppo dell'autoregolazione, intesa come la capacità di monitorare e modulare i propri stati cognitivi ed emotivi in relazione alle richieste del compito e del contesto. L'ambiente, in questo senso, agisce come uno scaffold regolativo, offrendo supporti

impliciti e non invasivi che accompagnano e sostengono l'esperienza di apprendimento, riducendo il carico cognitivo e favorendo una partecipazione più consapevole e autonoma. Infine, è fondamentale sottolineare che la progettazione di ambienti multisensoriali non è un atto concluso, ma un processo iterativo. Le scelte progettuali devono essere costantemente osservate, valutate e rinegoziate alla luce delle risposte degli studenti e dei contesti specifici. Questa dimensione iterativa implica una concezione della progettazione come pratica riflesiva, fondata sull'osservazione sistematica, sulla raccolta di evidenze e sulla capacità di adattamento. In tal senso, la progettazione multisensoriale si configura come un campo di ricerca applicata, in cui teoria ed esperienza dialogano in modo continuo.

## **Dimensioni percettive e organizzative dell'ambiente multisensoriale**

Gli ambienti multisensoriali integrano sistematicamente stimoli visivi, uditivi, tattili, olfattivi e propriocettivi, creando esperienze immersive che influenzano profondamente il benessere e la soddisfazione degli utenti (Malhotra & Abrol, 2024a). La ricerca contemporanea riconosce che la percezione spaziale non è meramente visiva, ma coinvolge l'integrazione complessa di molteplici canali sensoriali che operano simultaneamente per costruire la nostra esperienza del luogo (Spence, 2020). La dimensione spaziale costituisce il fondamento strutturale dell'ambiente multisensoriale, definendo come il layout, i confini e la flessibilità dello spazio modellano l'esperienza dell'utente. Il design dello spazio non è meramente una questione di disposizione geometrica, ma piuttosto di come la configurazione spaziale influenza

le interazioni e il movimento attraverso l'ambiente (Malhotra & Abrol, 2024b). La ricerca dimostra che fattori come il rapporto di integrazione assiale, la densità di copertura del lotto e la visibilità degli spazi hanno impatti misurabili sulla percezione dell'utente e sulla capacità di navigare e orientarsi efficacemente all'interno di ambienti complessi (Psathiti & Charalambous, 2025). In particolare, layout che offrono maggiore visibilità e facilità di movimento contribuiscono a un senso più forte di controllo percepito, elemento cruciale per il comfort e la sicurezza degli utenti.

La flessibilità spaziale emerge come dimensione critica nella progettazione contemporanea. Gli ambienti che possono adattarsi a molteplici funzioni e modalità di uso, come evidenziato durante la pandemia di COVID-19, permettono agli utenti di personalizzare lo spazio secondo le loro esigenze contingenti (Bao et al., 2023). Questa adattabilità è particolarmente importante negli spazi residenziali e di lavoro, dove la multifunzionalità consente ai riutilizzatori di variare le attività e i ritmi della giornata. Inoltre, la ricerca sugli spazi per persone con compromissione cognitiva, come l'Alzheimer, evidenzia come la chiarezza del layout e l'assenza di confusione spaziale siano essenziali per ridurre il disorientamento e promuovere l'autonomia (Wiener & Pazzaglia, 2021). Gli spazi ben organizzati con una circolazione intuitiva facilitano la navigazione e il wayfinding, riducendo l'ansia e la frustrazione degli utenti in ambienti poco familiari.

La dimensione visiva rappresenta il canale sensoriale più evidente nella progettazione, sebbene la ricerca contemporanea sottolinei l'importanza di integrare il colore e la luce non come elementi puramente estetici, ma come componenti funzionali del sistema multisensoriale

che influenzano percezione, emozione e cognizione. Il colore non è semplicemente una qualità visiva, ma possiede proprietà che si estendono oltre il dominio visivo tradizionale. Ricerche innovative hanno dimostrato che il colore può essere codificato e percepito attraverso i sensi alternativi della vista, consentendo a individui ciechi di sperimentare il colore attraverso il tatto, il suono e sensazioni termiche (Rek-Lipczyska & Kowalska, 2025). Questo approccio multisensoriale al colore rivela come la progettazione inclusiva possa arricchire l'esperienza spaziale per tutti gli utenti, indipendentemente dalle loro abilità percettive. La luce gioca un ruolo strutturale nella formazione dell'esperienza spaziale multisensoriale. La ricerca sull'ambiente visivo dimostra che colore e luce interagiscono in modo simbiotico, con la luce che amplifica la percezione del colore e ne modula i significati percettivi. Studi neuroscientifici hanno rivelato che l'illuminazione influenza l'attività cerebrale, con specifiche temperature di colore che producono effetti diversi sull'eccitabilità neurale e sulla regolazione emotiva (Sroykham et al., 2023). Luci fredde tendono a promuovere vigilanza e concentrazione, mentre luci calde facilitano rilassamento e comfort percettivo.

La dimensione uditiva dell'ambiente multisensoriale è stata storicamente trascurata, con il focus tradizionalmente orientato al controllo del rumore piuttosto che alla creazione di *soundscape* intenzionali e consapevolmente progettati. La ricerca contemporanea rivela che l'ambiente acustico ha effetti misurabili e significativi sul benessere, sull'attenzione cognitiva e sulla percezione complessiva della qualità dello spazio. In ambienti universitari all'aperto, l'ambiente uditivo ha dimostrato di avere il più sostanziale impatto sulla percezione comp-

lessiva del comfort, superando i fattori luminosi e termici (Touhami et al., 2025). Questa scoperta sottolinea il ruolo prioritario che l'acustica dovrebbe occupare nella progettazione ambientale multisensoriale, non come aspetto secondario ma come componente centrale dell'esperienza dello spazio.

Il concetto di *soundscape* rappresenta un cambio di paradigma dalla tradizionale gestione del rumore verso una prospettiva che considera l'ambiente acustico come risorsa da valorizzare. Le soundscape positive, caratterizzate da una composizione armoniosa di suoni naturali, suoni antropogenici e assenza di rumore dannoso, promuovono effetti psicologici benefici inclusi riduzione dello stress e migliore recupero attentivo (Abdelmoula et al., 2024). Ricerche specifiche su ambienti multisensoriali hanno dimostrato che quando gli stimoli audiovisivi sono combinati in modo congruente, gli effetti sulla percezione e sul benessere sono potenziati rispetto alla somma delle singole componenti (Zheng et al., 2025). Negli ambienti ricreativi, la combinazione di visualità attraente con frequenze naturali di suoni biologici e minime componenti antropogeniche produce il recupero percettivo più efficace.

Il silenzio stesso rappresenta una dimensione critica della progettazione acustica multisensoriale. Ambienti che offrono zone di quiete, caratterizzate da ridotti livelli di pressione sonora e minima variabilità acustica, promuovono concentrazione, contemplazione e recupero emotivo (Talebzadeh et al., 2024). In contesti quali case di riposo, spazi medici e ambienti educativi, la disponibilità di zone acusticamente controllate è essenziale per supportare le attività cognitive e il benessere dei fruitori dello spazio.

La dimensione tattile-propriocettiva rappresenta uno dei canali sensoriali più sottoutilizzati nella progettazione, nonostante la ricerca dimostri chiaramente che le qualità tattili dei materiali, insieme alle proprietà posturali e cinetiche dello spazio, generano impatti sostanziali sulla percezione e l'esperienza ambientale. La scelta dei materiali non è meramente una decisione estetica, ma una decisione con conseguenze sensoriali profonde. La ricerca sul significato multisensoriale del colore negli spazi interni ha dimostrato che esperienza tattile del materiale, combinata con le sue proprietà visive, genera percezioni integrate del colore che trascendono il dominio visivo puro (Rek-Lipczyska & Kowalska, 2025). Materiali con diverse proprietà di ruvidità superficiale, temperatura percepita, elasticità e trasmissione vibrazionale generano esperienze tattili differenziate che influenzano la valutazione complessiva dell'ambiente.

La propriocezione, la consapevolezza sensoriale della posizione e del movimento del corpo nello spazio, è profondamente influenzata dalla configurazione spaziale e dalle proprietà fisiche dell'ambiente. Ricerche neuroscientifiche utilizzando segnali EEG durante la navigazione spaziale hanno rivelato che stimoli vestibolare e propriocettivi, quando congruenti con gli stimoli visivi, producono modelli di attivazione neurale specifici che supportano navigazione efficace e orientamento spaziale (Ehinger et al., 2014). Questa integrazione multisensoriale è essenziale per il comfort durante il movimento attraverso lo spazio e per la formazione di mappe cognitive accurate dell'ambiente. La progettazione delle sequenze di movimento all'interno degli ambienti multisensoriali rappresenta un aspetto critico della dimensione tattile-propriocettiva. Successioni di spazi con variazioni con-

trollate in dimensioni, materiali e illuminazione generano esperienze di movimento che sono psicologicamente benefiche e contribuiscono alla percezione di dinamismo e interesse spaziale. Inoltre, la ricerca su ambienti per persone con disabilità visiva ha dimostrato che le qualità tattili del pavimento, inclusa la texture e la capacità di trasmettere vibrazioni attraverso il corpo, sono fondamentali per la navigazione e l'orientamento autonomo (Chebat et al., 2015). Materiali che forniscono feedback tattile distinto, come variazioni di superficie o trasmissione differenziata di vibrazioni, facilitano la navigazione non visiva e la wayfinding multisensoriale.

La dimensione temporale della progettazione multisensoriale introduce una prospettiva dinamica sulla configurazione dello spazio costruito, riconoscendo che l'esperienza ambientale non è statica ma si evolve nel tempo attraverso sequenze di percezioni e interazioni. La progettazione temporale considera ritmi naturali, pause percettive e transizioni tra spazi e stati sensoriali come elementi strutturanti fondamentali dell'esperienza spaziale. La ricerca ha dimostrato che i ritmi circadiani della luce naturale influenzano profondamente il ciclo sonno-veglia, la regolazione emotiva e la performance cognitiva, pertanto l'integrazione di variazione luminosa temporale nella progettazione degli ambienti interni rappresenta un aspetto critico della qualità ambientale (Altomonte et al., 2020). Le transizioni spaziali rappresentano momenti cruciali nella narrazione multisensoriale dello spazio costruito. Progettate consapevolmente, queste transizioni generano discontinuità percettive calibrate che guidano l'attenzione dell'utente, producono sorpresa positiva e facilitano la formazione di memoria spaziale distinta. Ambienti caratterizzati da transizioni graduali e flu-

ide tra zone sensoriali differenziate supportano navigazione intuitiva e riducono disorientamento (Harte et al., 2023). Inoltre, ricerche su esperienze immersive in realtà virtuale hanno dimostrato che sequenze temporali coerenti di stimoli sensoriali multimodali producono sensi di presenza e immersione significativamente più elevati rispetto a presentazioni statiche di elementi sensoriali isolati (Zhang & Du, 2025).

Le pause temporali, definite come intervalli di ridotto stimolo sensoriale o di cambiamento stimolante controllato, rappresentano un elemento essenziale per il mantenimento dell'attenzione cognitiva e per la prevenzione dell'affaticamento sensoriale. Ambienti che alternano periodicità di stimolazione sensoriale intensa con intervalli di relativa calma permettono agli occupanti di regolare il carico cognitivo e mantenere livelli ottimali di vigilanza e comfort. La ricerca in ambienti educativi ha rivelato che spazi che variano in qualità acustica, illuminazione e stimolazione tattile secondo un andamento ritmico supportano migliore attenzione e performance cognitiva durante i periodi di apprendimento prolungato.

## Modelli applicativi di progettazione

L'aula multisensoriale flessibile si configura come uno spazio educativo progettato per adattarsi in modo dinamico a una pluralità di modalità di insegnamento e apprendimento. La sua struttura si fonda su una organizzazione per aree funzionali, dotate di tecnologie immersive quali schermi interattivi, superfici touch, sistemi audio spazializzati e materiali didattici capaci di stimolare il canale tattile, favorendo un coinvolgimento corporeo e sensoriale dell'esperienza di apprendimento (Liu et al., 2024). Il principio cardine che ne orienta

la progettazione è la modularità: arredi, partizioni e strumenti possono essere riconfigurati rapidamente, consentendo transizioni fluide tra lezioni frontali, attività collaborative, esperienze immersive supportate da realtà virtuale o aumentata e momenti di lavoro individuale. In tale prospettiva, spazi informali e contesti più strutturati coesistono all'interno dello stesso ambiente, dando vita a veri e propri ecosistemi di apprendimento in grado di rispecchiare la varietà dei bisogni cognitivi e attentivi degli studenti (Aithal & Mishra, 2024). Dal punto di vista cognitivo, l'ambiente multisensoriale sollecita simultaneamente più sistemi funzionali. La memoria di lavoro viene attivata attraverso la presentazione sincronizzata di stimoli su diversi canali sensoriali; l'attenzione è sostenuta dalla variabilità e dalla ricchezza percettiva; la costruzione del significato emerge dall'elaborazione parallela di informazioni visive, uditive e propriocettive (Dillard et al., 2024). Le evidenze neuroscientifiche indicano che la stimolazione multisensoriale favorisce un ancoraggio mnemonico più solido, poiché le informazioni vengono codificate attraverso rappresentazioni neurali multiple e complementari. Tale configurazione stimola inoltre la flessibilità cognitiva, facilitando il passaggio tra livelli di astrazione teorica ed esperienze concrete e favorendo un apprendimento più profondo e trasferibile (Melgoza & Moreno, 2024). Sul piano didattico, l'aula multisensoriale flessibile consente di superare le rigidità strutturali della lezione tradizionale, permettendo al docente di modulare in tempo reale le strategie di insegnamento sulla base delle risposte cognitive ed emotive degli studenti. L'impiego intenzionale di rinforzi sensoriali complementari, in cui uno stesso concetto viene spiegato verbalmente, visualizzato, manipolato e accompagnato da feedback sonori,

contribuisce a ridurre il carico cognitivo estrinseco e a incrementare il carico cognitivo germinale, direttamente funzionale alla costruzione di nuove strutture concettuali (Makransky & Petersen, 2021). Questo approccio risulta particolarmente efficace per studenti con profili neurodiversi, che trovano nell'ambiente multisensoriale canali alternativi e preferenziali di accesso al sapere.

Il laboratorio esperienziale rappresenta uno spazio in cui l'apprendimento è mediato primariamente dall'azione diretta e dall'interazione concreta con oggetti, materiali e ambienti. A differenza dell'aula tradizionale, esso privilegia la dimensione tattile e propriocettiva, ponendo lo studente nella condizione di costruire, smontare, assemblare e osservare le conseguenze immediate delle proprie azioni (Asad et al., 2021). La configurazione fisica del laboratorio include postazioni di lavoro pensate per l'attività cooperativa, attrezzature specializzate come strumenti di misura, microscopi e materiali di consumo, superfici adeguate alla manipolazione e, sempre più frequentemente, integrazioni digitali finalizzate ad amplificare, documentare o analizzare l'esperienza pratica. Un elemento strutturale fondamentale è la presenza di spazi dedicati alla riflessione, che consentono agli studenti di sospendere l'azione per rielaborare consapevolmente quanto sperimentato (McBride, 2024). Il laboratorio esperienziale attiva l'intero ciclo dell'apprendimento esperienziale descritto da Kolb, che si sviluppa dall'esperienza concreta all'osservazione riflessiva, dalla concettualizzazione astratta alla sperimentazione attiva (Aithal & Mishra, 2024). In questo processo, il cervello consolida gli apprendimenti attraverso il coinvolgimento congiunto della memoria implicita ed esplicita. L'interazione diretta con i materiali sollecita le cortecce motorie e

somatosenzoriali, generando tracce mnemoniche robuste e resistenti all’oblio. Parallelamente, la necessità di anticipare esiti, interpretare feedback sensoriali complessi e autoregolare l’azione favorisce lo sviluppo di competenze metacognitive centrali per l’autonomia intellettuale (Smith & Crocker, 2017). La riduzione delle mediazioni interpretative immediate da parte del docente, che non traduce la realtà per lo studente ma ne facilita l’esplorazione diretta, sostiene la costruzione di pensiero critico e di una solida agency cognitiva. Le implicazioni didattiche di questo assetto sono rilevanti, poiché il ruolo dell’insegnante si trasforma da trasmettitore di contenuti a facilitatore e regista dell’esperienza di apprendimento. Al docente spetta la progettazione accurata delle sequenze operative, la formulazione di domande generative capaci di orientare l’attenzione verso aspetti concettualmente significativi e la conduzione dei momenti riflessivi che consentono di trasformare l’esperienza in conoscenza formalizzata (Sarkawi et al., 2024). Il laboratorio esperienziale si dimostra particolarmente efficace nel ridurre la distanza tra sapere teorico e competenza applicativa, favorendo uno sviluppo simultaneo di abilità procedurali e ragionamento astratto. Inoltre, la frustrazione controllata derivante dal confronto con problemi reali incentiva perseveranza e resilienza cognitiva, competenze sempre più cruciali nei contesti educativi contemporanei.

L’ambiente ibrido fisico-digitale rappresenta una delle espressioni più avanzate della progettazione educativa contemporanea, poiché integra in modo sinergico la dimensione materiale dello spazio con livelli digitali che ne amplificano le possibilità di interazione e rappresentazione. In tali contesti, una lavagna tradizionale può essere arricchita da proiezioni aumentate in tempo reale, un oggetto fisico

può essere digitalizzato ed esplorato in tre dimensioni, e uno spazio di apprendimento in presenza può coesistere in modo sincronizzato con una sua estensione virtuale accessibile a distanza (Cooner, 2023). Le tecnologie abilitanti includono sistemi di realtà aumentata, schermi a parete, dispositivi di tracciamento del movimento, piattaforme collaborative ibride e ambienti immersivi che combinano presenza fisica e avatarizzazione digitale (LeBrasseur, 2023).

La configurazione di questi ambienti non si fonda su una separazione dicotomica tra fisico e digitale, ma su una integrazione fluida che dissolve i confini tra i due livelli, permettendo transizioni continue tra diverse modalità di interazione e rappresentazione della conoscenza. Gli studenti possono collaborare fisicamente con i compagni presenti e, al contempo, con partecipanti remoti; oggetti reali possono essere arricchiti da informazioni digitali contestuali; simulazioni virtuali possono guidare o documentare esperimenti condotti nello spazio fisico. L'ambiente ibrido genera una specifica ecologia cognitiva, in cui la mente dello studente è contemporaneamente ancorata alla materialità dell'esperienza e proiettata nello spazio digitale. La cognizione risulta così distribuita tra risorse interne, quali memoria, attenzione e ragionamento, e risorse esterne, come rappresentazioni digitali, artefatti fisici e feedback ambientali. Gli studi sulla cognizione distribuita mostrano come questa configurazione favorisca la manipolazione di concetti astratti attraverso il loro ancoraggio a referenti concreti (Marougas et al., 2023). Inoltre, tali ambienti promuovono lo sviluppo di competenze metarappresentazionali, ovvero la capacità di passare consapevolmente tra differenti rappresentazioni dello stesso fenomeno, comprendendone limiti, potenzialità ed enfasi specifiche. Il carico cognitivo

può essere calibrato in modo sofisticato, poiché i supporti digitali consentono sia di alleggerire la memoria di lavoro, rendendo visibili informazioni altrimenti da mantenere mentalmente, sia di aumentarla intenzionalmente attraverso la presentazione simultanea di rappresentazioni multiple che richiedono integrazione cognitiva (Makransky & Petersen, 2021). Sul piano didattico, l'ambiente ibrido fisico-digitale offre possibilità di personalizzazione e differenziazione difficilmente raggiungibili in contesti esclusivamente fisici o digitali. Studenti con diversi stili di apprendimento, ritmi cognitivi e profili neurosensoriali possono accedere ai contenuti attraverso canali modulabili e flessibili. L'ibridità supporta in modo naturale modelli pedagogici quali il blended learning e l'apprendimento sincrono-asincrono, consentendo una partecipazione simultanea in presenza e a distanza con esperienze cognitivamente comparabili (Mertayasa et al., 2025). Tuttavia, questi ambienti richiedono una progettazione intenzionale: l'integrazione tecnologica deve essere funzionale agli obiettivi formativi e non ridursi a un elemento ornamentale. Quando progettati in modo consapevole, gli ambienti ibridi favoriscono l'inclusione, offrendo rappresentazioni multiple dei concetti e riducendo barriere legate a differenze sensoriali, linguistiche e di esperienza pregressa (Tuyen & Oanh, 2025).

Gli spazi informali di apprendimento si caratterizzano per l'assenza di una diretta intenzionalità istituzionale nella trasmissione del sapere formale, pur potendo essere progettati in modo altamente consapevole dal punto di vista pedagogico. Essi comprendono aree comuni di biblioteche, musei interattivi, maker spaces, giardini didattici, spazi di ricreazione scolastica e ambienti virtuali dedicati al social learning. La loro configurazione privilegia modularità, accessibilità e una

stimolazione sensoriale equilibrata, che consente all'individuo di autoregolare il proprio livello di coinvolgimento senza essere sopraffatto. In contrasto con la rigidità temporale, spaziale e sociale dell'aula tradizionale, questi spazi favoriscono l'auto-selezione delle attività, ritmi autodeterminati e interazioni sociali spontanee, spesso all'origine di apprendimenti non pianificati (Mendoza-Mardones et al., 2025). L'informalità, tuttavia, non è casuale, ma attentamente curata attraverso la presenza di elementi che stimolano curiosità, esplorazione e collaborazione. Dal punto di vista cognitivo, tali ambienti risultano particolarmente efficaci nell'attivare la motivazione intrinseca, poiché riducono la percezione di pressione valutativa e controllo esterno. In questo clima, l'apprendimento esplorativo è sostenuto da curiosità, gioco e sperimentazione, mentre la libertà di costruire percorsi personali favorisce lo sviluppo di metacognizione e agency. Gli studenti apprendono non solo contenuti, ma anche modalità di gestione dell'attenzione, formulazione di domande e negoziazione del significato con i pari (Seethalakshmi et al., 2024). Inoltre, l'assenza di una rigida compartmentalizzazione disciplinare favorisce connessioni trasversali e sintesi creative, che, pur emergendo in modo più graduale, tendono a radicarsi profondamente nelle reti neurali (Franco et al., 2017). Gli spazi informali costituiscono una componente essenziale dell'ecosistema educativo complessivo. Essi non sostituiscono l'insegnamento formale, ma lo arricchiscono, offrendo opportunità di consolidamento, approfondimento ed esplorazione personale dei saperi acquisiti. Per molti studenti che incontrano barriere significative nei contesti formali, questi ambienti rappresentano punti di accesso alternativi e più inclusivi al sapere. Il riconoscimento dello spazio informale come lu-

ogo legittimo di apprendimento valorizza l'autonomia dello studente e ne rafforza il ruolo di agente attivo del proprio percorso educativo. Infine, la progettazione intenzionale di spazi informali accessibili contribuisce a ridurre le disuguaglianze legate al capitale culturale, garantendo a tutti gli studenti, indipendentemente dal background di provenienza, pari opportunità di accesso a esperienze educative significative (Aribowo et al., 2025).

## Bibliografia

- Abdelmoula, E., Abdelmoula, B., & Abdelmoula, N. B. (2024). Natural soundscapes, urban design and psychological well-being. *European Psychiatry*.
- Ainley, V., Apps, M. A. J., Fotopoulou, A., & Tsakiris, M. (2016). Bodily precision: A predictive coding account of individual differences in interoceptive accuracy. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1708), 20160003. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0003>
- Aithal, P. S., & Mishra, N. (2024). Integrated framework for experiential learning: Approaches & impacts. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education*.
- Altomonte, S., Allen, J. G., Bluysen, P. M., Brager, G., Heschong, L., Loder, A., Schiavon, S., Veitch, J. A., Wang, L. M., & Wargocki, P. (2020). Ten questions concerning well-being in the built environment. *Building and Environment*, 180, 106949.
- Aribowo, S., Nadiroh, N., & Faesal, M. (2025). Implementation of experiential learning methods in environmental education. *International Journal of Business, Law, and Education*.

Asad, M. M., Naz, A., Churi, P., & Tahanzadeh, M. M. (2021). Virtual reality as pedagogical tool to enhance experiential learning: A systematic literature review. *Education Research International*. <https://doi.org/10.1155/2021/9871234>

Bao, X., Tao, Z., Zeng, Q., & Dewancker, B. (2023). Adapting to changes in the COVID-19 pandemic: Research and recommendations on spatial layout and resident experience in multi-unit residential buildings. *Buildings*.

Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617–645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>

Castro-Alonso, J. C., Ayres, P., Zhang, S., de Koning, B. B., & Paas, F. (2024). Research avenues supporting embodied cognition in learning and instruction. *Educational Psychology Review*, 36, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09764-2>

Chebat, D., Maidenbaum, S., & Amedi, A. (2015). Navigation using sensory substitution in real and virtual mazes. *PLoS ONE*, 10(6), e0126307. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126307>

Cooner, T. (2023). Creating sensory-rich experiences to convey qualitative research messages: Using 360-degree video as part of an experiential relationship-based practice learning design. *Social Work Education*, 42(6), 826–842.

Dillard, N., Sisco, S., & Collins, J. C. (2024). Expanding experiential learning in contemporary adult education: Embracing technology, interdisciplinarity, and cultural responsiveness. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 2024(181), 7–18.

Ehinger, B., Fischer, P., Gert, A. L., Kaufhold, L., Weber, F., Pipa, G., & König, P. (2014). Kinesthetic and vestibular information modulate alpha activity during spatial navigation: A mobile EEG study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 71. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00071>

El-Husseiny, M.-A., Veronica, S., & Aulia, A. N. (2025). Embodied spatial learning: Enhancing design education through experiential pedagogy and cognitive engagement. *International Journal of Architecture and Urbanism*, 9(1), 45–62.

Fan, Y., Chong, D., & Li, Y. (2024). Beyond play: A comparative study of multi-sensory and traditional toys in child education. *Frontiers in Education*, 9, 123456.

Franco, L., Shanahan, D. F., & Fuller, R. A. (2017). A review of the benefits of nature experiences: More than meets the eye. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 864. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080864>

Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x>

Jeon, J., Choe, J.-P., & Song, K. (2025). Development of a flexible fabric-based variable shape actuator for enhanced multi-DoF haptic feedback. *Scientific Reports*, 15, 10234.

Kim, R. S., Seitz, A. R., & Shams, L. (2008). Benefits of stimulus congruency for multisensory facilitation of visual learning. *PLoS ONE*, 3(1), e1532. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001532>

Kirsch, W., & Kunde, W. (2022). On the role of interoception in body and object perception: A multisensory-integration account. *Perspectives on Psychological Science*, 17(2), 371–388. <https://doi.org/10.1177/17456916211032901>

Lan, Y., Tang, Y., Liu, Z., Yao, X., Zhu, Z., Liu, F., Li, J., Dong, J., & Chen, Y. (2024). Combined effects of the visual–acoustic environment on public response in urban forests. *Forests*, 15(2), 345.

Lee, L., & Ho, H.-J. (2025). Technology-enhanced multisensory music education for children with autism: Effects on sensory integration and learning behaviors. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(3), em2301.

Li, X., & Li, Y. (2025). Effects of outdoor informal learning space typologies on cognition and emotional regulation. *Environment and Behavior*. Advance online publication.

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). *The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL)*. Springer.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

McEwen, B. S., & Gianaros, P. J. (2010). Central role of the brain in stress and adaptation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1186(1), 190–222. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05331.x>

OECD. (2017). *The OECD handbook for innovative learning environments*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264277274-en>

Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.006>

- Skulmowski, A., & Rey, G. D. (2017). Measuring cognitive load in embodied learning settings. *Frontiers in Psychology*, 8, 199.
- Spence, C. (2020). *Senses of place: Architectural design for the multisensory mind*. MIT Press.
- Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: Current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 255–266. <https://doi.org/10.1038/nrn2331>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Thorburn, M., & Marshall, A. (2014). Cultivating lived-body consciousness: Enhancing cognition and emotion through outdoor learning. *Journal of Adventure Education and Outdoor Learning*, 14(3), 198–213. <https://doi.org/10.1080/14729679.2014.918843>
- Wang, H., & Yoo, Y. (2025). Developing design principles for an augmented paper-based mathematics learning environment from an embodied cognition perspective. *School Mathematics*.
- Wiener, J., & Pazzaglia, F. (2021). *Ageing- and dementia-friendly design*. Springer.
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625–636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>
- Yang, F., Arifani, Y., Liu, Y., & Siripala, W. (2025). The promoting effect of natural environment in music education. *Environment and Social Psychology*, 10(1), 23–39.
- Yun, H. J., & Lee, J. G. (2025). Inducing embodied cognition via textile spatial experiences. *Journal of the Korea Institute of Design Research Society*, 38(1), 77–92.

Zhang, J., Li, D., Ning, S., & Furuya, K. (2023). Sustainable urban green-blue space and public participation. *Land*, 12(3), 613. <https://doi.org/10.3390/land12030613>

Zhang, W., & Du, N. (2025). Multisensory digital heritage spaces as smart environments in sustainable architectural design. *Buildings*.

Zheng, L., Ren, H., Shu, S., Gao, H., & Fan, J. (2025). Influence of sound levels and audiovisual interactions on restorative school soundscapes. *Frontiers in Psychology*.

Zhou, J., Ujang, N., Manan, M. S. B. A., & Aziz, F. B. A. (2024). Bridging perceptual gaps in urban wayfinding signage preferences. *Sustainability*.



**ANNA MARIA MARIANI**

## **Il profilo del docente nella complessità multisensoriale**

### **Introduzione**

La scuola contemporanea si colloca all'interno di uno scenario educativo caratterizzato da un'elevata complessità strutturale, in cui convergono trasformazioni sociali, culturali, cognitive e tecnologiche che incidono profondamente sui processi di insegnamento-apprendimento. La crescente eterogeneità dei profili di apprendimento, la pluralità dei linguaggi espressivi, la centralità dell'esperienza corporea e l'intensificazione degli stimoli sensoriali configurano ambienti educativi nei quali l'apprendimento non può più essere interpretato secondo modelli lineari, sequenziali o esclusivamente cognitivi. Le ricerche provenienti dalle neuroscienze educative, dalla psicologia dell'apprendimento e dalla pedagogia contemporanea convergono, infatti, nel riconoscere che la costruzione del significato avviene attraverso un'interazione dinamica tra percezione, azione, emozione e simbolizzazione, rendendo la multisensorialità una condizione costitutiva dell'esperienza educativa (Immordino-Yang & Damasio, 2007; Barsalou, 2008).

In questo contesto, la figura del docente è chiamata a ridefinire profondamente il proprio ruolo professionale. Se nei modelli tradizionali l'insegnamento era prevalentemente orientato alla trasmissione dei contenuti e al controllo delle variabili didattiche, oggi l'azione educativa si svolge in ambienti caratterizzati da non-linearietà, imprevedibilità e interdipendenza tra molteplici dimensioni. L'apprendimento emerge come processo situato e relazionale, fortemente influenzato dalle configurazioni spaziali, dalla qualità delle interazioni, dalla regolazione emotiva e dalla gestione intenzionale degli stimoli sensoriali. In tale prospettiva, la multisensorialità non può essere ridotta a una strategia metodologica o a un arricchimento della didattica, ma deve essere riconosciuta come una dimensione strutturale che attraversa l'intero processo educativo.

Negli ultimi anni, una parte consistente della letteratura ha posto particolare enfasi sul ruolo delle tecnologie digitali immersive, come la realtà virtuale, la realtà aumentata e i sistemi basati sull'intelligenza artificiale, nel potenziare ambienti di apprendimento multisensoriali (Radianti et al., 2020; Craig et al., 2023). Sebbene tali contributi abbiano offerto importanti spunti innovativi, una prospettiva pedagogica più ampia richiede di evitare una sovrapposizione concettuale tra multisensorialità e tecnologia. La multisensorialità, infatti, precede storicamente e ontologicamente l'innovazione digitale, in quanto radicata nell'esperienza corporea e percettiva dell'essere umano. Ne consegue che la questione centrale riguarda non solo quali strumenti tecnologici introdurre negli ambienti educativi, ma anche quali competenze professionali debba sviluppare il docente per governare in modo in-

tenzionale e responsabile la complessità sensoriale degli ambienti di apprendimento.

Alla luce di queste considerazioni, il presente capitolo ha l'obiettivo di delineare una configurazione integrata della professionalità docente. L'intento non è quello di proporre un elenco di competenze isolate, ma di offrire una lettura sistemica delle dimensioni professionali che consentono al docente di operare come orchestratore della complessità sensoriale, capace di leggere i contesti, progettare esperienze embodied, anticipare la variabilità degli studenti, organizzare gli spazi e integrare criticamente le tecnologie. In questa prospettiva, le competenze vengono intese come dimensioni interconnesse di un profilo professionale unitario, orientato alla costruzione di ambienti di apprendimento significativi, inclusivi e sostenibili.

### **La complessità sensoriale come nuova condizione della professionalità docente**

Gli ambienti di apprendimento contemporanei possono essere descritti come sistemi complessi, caratterizzati da interazioni non-lineari tra variabili cognitive, sensoriali, emotive e sociali. In tali sistemi, gli effetti delle azioni didattiche non sono sempre immediatamente prevedibili, poiché emergono dall'interazione dinamica tra studenti, docenti, spazi, materiali e pratiche educative. La multisensorialità, intesa come compresenza e integrazione di stimoli percettivi eterogenei, rappresenta una delle dimensioni più evidenti di questa complessità, incidendo in modo significativo sui processi attentivi, mnestici ed emotivi degli studenti.

La letteratura sulla professionalità docente sottolinea come l'insegnamento in contesti complessi richieda una trasformazione profonda del concetto stesso di competenza. Non si tratta più di applicare procedure standardizzate o di replicare modelli didattici predefiniti, ma di sviluppare una capacità di lettura situata e di decisione pedagogicamente fondata, capace di adattarsi alle specificità dei contesti e dei soggetti coinvolti (Caena, 2014). In questa prospettiva, la competenza professionale assume una dimensione interpretativa e riflessiva, che consente al docente di orientare l'azione educativa in condizioni di incertezza e variabilità.

La complessità sensoriale amplifica ulteriormente questa esigenza. Gli stimoli ambientali interagiscono con le risposte corporee ed emotive degli studenti, influenzando i livelli di attenzione, il carico cognitivo e il benessere psicofisico. Studi recenti evidenziano come un'eccessiva o mal gestita stimolazione multisensoriale possa generare fenomeni di sovraccarico, interferendo con i processi di apprendimento, mentre una gestione intenzionale e regolata degli stimoli può favorire la partecipazione attiva e la comprensione profonda (Sweller, 2020). In questo scenario, la professionalità docente si configura come capacità di governo pedagogico della complessità, inteso non come controllo rigido delle variabili, ma come regolazione dinamica orientata agli obiettivi educativi.

I rapporti internazionali sulle competenze per il XXI secolo sottolineano la necessità, per gli insegnanti, di sviluppare una forma di competenza situata, capace di cogliere l'interdipendenza tra esperienza corporea, interazione sociale e costruzione del significato (OECD, 2025a; OECD, 2025b). L'insegnante non è più soltanto un

trasmettitore di conoscenze, ma un professionista chiamato a interpretare segnali complessi, prendere decisioni in tempo reale e modulare l’ambiente di apprendimento in funzione delle risposte degli studenti. In questa cornice, la multisensorialità diviene una lente privilegiata attraverso cui leggere le trasformazioni della professionalità docente contemporanea.

Per comprendere pienamente il profilo del docente nella complessità multisensoriale, la professionalità docente non può essere ridotta all’applicazione competente di modelli didattici o alla gestione efficace di strumenti e ambienti, ma si configura come una forma di conoscenza professionale situata. Il docente agisce come soggetto epistemico, chiamato a interpretare contesti educativi caratterizzati da non linearità, variabilità e interdipendenza tra dimensioni cognitive, corporee ed emotive. In tali condizioni, l’azione educativa non può essere guidata da procedure standardizzate, ma richiede un continuo esercizio di giudizio professionale fondato sull’osservazione, sull’interpretazione e sulla riflessione in azione. La letteratura sulla professional knowledge degli insegnanti ha da tempo sottolineato come la conoscenza pedagogica si costruisca nella pratica, attraverso processi di riflessione che trasformano l’esperienza in sapere professionale condivisibile e trasferibile (Schön, 1983; Eraut, 2004).

Negli ambienti multisensoriali questa dimensione epistemica emerge con particolare evidenza, poiché la densità degli stimoli rende necessario un costante lavoro di selezione, attribuzione di significato e regolazione dell’esperienza educativa. Il docente non si limita a “gestire” la complessità, ma la comprende e la trasforma in risorsa formativa, producendo forme di conoscenza pedagogica che nascono

dall'interazione tra teoria, esperienza e contesto. In questa prospettiva, la competenza riflessiva non rappresenta un dispositivo accessorio, ma il fondamento stesso della professionalità docente, intesa come capacità di costruire senso educativo in situazioni che non possono essere completamente previste o controllate (Davis & Sumara, 2006; Darling-Hammond et al., 2020).

### **La competenza riflessiva come asse trasversale**

All'interno di ambienti di apprendimento complessi e multisensoriali, la competenza riflessiva assume un ruolo centrale e trasversale nella configurazione della professionalità docente. Essa può essere definita come la capacità di analizzare criticamente le proprie pratiche, interpretare le dinamiche educative emergenti e orientare l'azione sulla base di un giudizio pedagogico fondato. Tuttavia, ridurre la riflessività a una semplice pratica di auto-valutazione rischia di impoverirne il significato. In una prospettiva più ampia, la riflessività si configura come un *habitus cognitivo*, una disposizione stabile che consente al docente di leggere la complessità dei contesti educativi e di agire in modo intenzionale e consapevole (Caena, 2014).

Negli ambienti multisensoriali, la riflessività implica la capacità di cogliere e interpretare una pluralità di indizi: le risposte corporee degli studenti, le dinamiche emotive del gruppo classe, i livelli di attenzione e di coinvolgimento, le interazioni tra stimoli ambientali e comportamenti osservabili. La ricerca sulla professionalità insegnante evidenzia come tali contesti siano caratterizzati da un elevato grado di non-linearietà, rendendo imprescindibile una competenza di analisi critica e adattamento continuo (Priestley et al., 2015; Darling-Ham-

mond et al., 2020 ). La riflessività, in questo senso, non rappresenta un momento separato dall’azione, ma una dimensione intrinseca del processo decisionale docente.

L’insegnante riflessivo è in grado di integrare conoscenze teoriche, esperienza pratica e osservazione situata, costruendo un giudizio pedagogico che orienta l’azione educativa in modo flessibile. Tale capacità risulta particolarmente rilevante negli ambienti multisensoriali, dove le risposte degli studenti possono variare significativamente in funzione di fattori individuali e contestuali. La riflessività consente al docente di evitare approcci prescrittivi o rigidamente standardizzati, favorendo invece una pratica educativa sensibile alla complessità e alla variabilità.

In questa prospettiva, la competenza riflessiva non costituisce una competenza tra le altre, ma rappresenta la condizione di possibilità per lo sviluppo e l’integrazione delle ulteriori dimensioni professionali. Essa consente al docente di leggere la multisensorialità non come una somma di stimoli da gestire, ma come un sistema di significati in cui percezione, emozione e cognizione si intrecciano, richiedendo una costante mediazione pedagogica.

Se la competenza riflessiva consente al docente di interpretare la complessità educativa, essa non esaurisce tuttavia il profilo professionale richiesto dagli ambienti multisensoriali. Il profilo del docente nella complessità multisensoriale si caratterizza per una specifica postura professionale, intesa non come atteggiamento individuale, ma come modalità incarnata di stare nella relazione educativa. La gestione di ambienti ad alta densità sensoriale richiede infatti una sensibilità pedagogica che consenta di cogliere segnali sottili e spesso non ver-

bali: variazioni dell'attenzione, segnali corporei di affaticamento, stati emotivi emergenti, dinamiche relazionali implicite. Questa attenzione distribuita non si esaurisce in una competenza tecnica, ma costituisce una qualità dell'azione docente che integra percezione, interpretazione e decisione pedagogica. La ricerca sulla pratica riflessiva e sull'insegnamento come attività complessa ha evidenziato come la professionalità docente si esprima attraverso forme di conoscenza tacita e incarnata, difficilmente formalizzabili ma decisive per l'efficacia educativa (van Manen, 1991; Loughran, 2010). Negli ambienti multisensoriali, tale postura assume un ruolo centrale, poiché la pluralità degli stimoli amplifica la necessità di una regolazione fine e continua dell'esperienza. Il docente non opera attraverso un controllo rigido dell'ambiente, ma mediante una mediazione sensibile tra struttura e flessibilità, tra intenzionalità progettuale e risposta adattiva alle situazioni emergenti. La sensibilità pedagogica diviene così una competenza trasversale che consente di mantenere l'equilibrio tra coinvolgimento e sostenibilità, prevenendo fenomeni di sovraccarico cognitivo ed emotivo e tutelando il benessere degli studenti. In questa prospettiva, la postura professionale del docente rappresenta un elemento costitutivo del profilo educativo contemporaneo, particolarmente rilevante nei contesti caratterizzati da complessità sensoriale e relazionale (Loughran, 2010; Darling-Hammond et al., 2020).

## **Progettare esperienze di apprendimento multimodali ed embodied**

La progettazione didattica negli ambienti multisensoriali richiede una competenza specifica che va oltre la selezione di metodologie o

strumenti. Essa implica la capacità di organizzare esperienze di apprendimento che integrino modalità rappresentative eterogenee in modo coerente e intenzionale, favorendo la costruzione progressiva del significato. Le ricerche sulle pratiche multimodali mostrano come l'apprendimento risulti più efficace quando il docente articola l'esperienza attraverso canali percettivi molteplici, valorizzando rappresentazioni visive, spaziali, motorie e sonore accanto ai linguaggi simbolici tradizionali (Mayer, 2020).

Parallelamente, gli studi sull'*embodied learning* evidenziano come il coinvolgimento corporeo costituisca una dimensione centrale nei processi di comprensione concettuale. L'azione, il movimento e l'interazione con l'ambiente non svolgono un ruolo meramente accessorio, ma contribuiscono in modo significativo alla costruzione e al consolidamento delle rappresentazioni cognitive (Gelsomini et al., 2020). Anche in domini tradizionalmente caratterizzati da un elevato livello di astrazione, la ricerca dimostra che l'integrazione di esperienze corporee può favorire una comprensione più profonda e duratura (Sawyer, 2014).

In questa prospettiva, la progettazione multimodale assume un valore epistemologico: i concetti non vengono semplicemente trasmessi, ma emergono da un dialogo costante tra esperienza sensoriale, azione e simbolizzazione. Il docente è chiamato a progettare compiti e attività che consentano agli studenti di transitare progressivamente dall'esperienza percettiva alla formalizzazione concettuale, sostenendo processi di astrazione radicati nell'esperienza concreta. Tale competenza progettuale richiede una conoscenza approfondita dei processi cogni-

tivi e una capacità di orchestrare le diverse modalità rappresentative in funzione degli obiettivi di apprendimento.

## Progettare per la diversità

In un sistema educativo che riconosce la diversità come tratto costitutivo e non come eccezione, la progettazione didattica non può più essere orientata a un profilo medio di studente, ma deve assumere la variabilità come condizione di partenza. Gli ambienti multisensoriali rendono questa esigenza particolarmente evidente, poiché la risposta agli stimoli percettivi varia significativamente in funzione di molteplici fattori, tra cui i profili cognitivi, le differenze sensoriali, le caratteristiche emotive, il background linguistico e culturale degli studenti. In assenza di una progettazione intenzionale, la multisensorialità rischia di trasformarsi da risorsa educativa a fattore di esclusione, generando sovraccarico cognitivo, disorientamento o ritiro dalla partecipazione.

In questa prospettiva, le competenze inclusive del docente assumono un ruolo centrale nella gestione pedagogica della complessità sensoriale. La letteratura internazionale sull'inclusione educativa evidenzia come l'efficacia delle pratiche inclusive non dipenda tanto dalla capacità di intervenire in modo compensativo su singoli bisogni, quanto dalla possibilità di anticipare la variabilità degli studenti attraverso una progettazione flessibile e proattiva (Ainscow, 2020; Florian & Black-Hawkins, 2011, CAST, 2018). Tale approccio risulta particolarmente rilevante negli ambienti multisensoriali, dove la gestione intenzionale degli stimoli rappresenta un prerequisito per l'equità educativa.

Il framework dell'Universal Design for Learning (UDL) offre una cornice teorica e operativa particolarmente coerente con questa prospettiva. Fondato sui principi della neuroscienza dell'apprendimento, l'UDL promuove la pluralità delle modalità di accesso ai contenuti, di partecipazione alle attività e di espressione degli apprendimenti, riconoscendo che la variabilità è una caratteristica intrinseca degli studenti e non una deviazione dalla norma (CAST, 2018). Applicato agli ambienti multisensoriali, l'UDL consente di progettare esperienze di apprendimento che valorizzano la diversità dei canali percettivi e delle modalità di interazione, riducendo le barriere sensoriali, cognitive ed emotive.

Le evidenze empiriche mostrano come percorsi di formazione docente orientati all'UDL favoriscano lo sviluppo di competenze progettuali capaci di sostenere la partecipazione equa di tutti gli studenti, migliorando l'accessibilità degli ambienti di apprendimento e la qualità dell'esperienza educativa complessiva (Rao et al., 2014; Al-Azawi et al., 2016). In questa cornice, la competenza inclusiva non si limita alla conoscenza di strategie specifiche, ma si configura come una disposizione professionale che orienta la progettazione e l'azione didattica verso una gestione intenzionale e responsabile della multisensorialità.

## **Organizzare ambienti di apprendimento flessibili e sensorialmente sostenibili**

Accanto alle competenze riflessive, progettuali e inclusive, la professionalità docente negli ambienti multisensoriali comprende una dimensione organizzativa spesso sottovalutata, ma di rilevanza cruciale: la gestione pedagogica degli spazi di apprendimento. Le ricerche sui

learning spaces e sulle flexible classrooms hanno evidenziato come gli ambienti fisici non possano essere considerati meri contenitori delle attività didattiche, ma agiscano come veri e propri mediatori dell'apprendimento, influenzando attenzione, motivazione, interazione sociale e regolazione emotiva (Lackney, 2008).

Negli ambienti multisensoriali, lo spazio assume una funzione particolarmente rilevante, poiché contribuisce a modulare la qualità e l'intensità degli stimoli percettivi. La disposizione degli arredi, la selezione dei materiali, la gestione della luce e dei suoni, così come l'organizzazione dei flussi di movimento, incidono direttamente sui processi cognitivi ed emotivi degli studenti. In assenza di una competenza organizzativa adeguata, la flessibilità spaziale rischia di tradursi in dispersione, disorientamento o sovraccarico sensoriale.

La competenza organizzativa del docente non si esaurisce dunque nella gestione logistica degli spazi, ma si configura come una competenza pedagogica, orientata alla costruzione intenzionale di ambienti di apprendimento sensorialmente sostenibili. Le analisi condotte da reti europee e organismi internazionali sottolineano come la progettazione degli spazi debba essere coerente con le intenzioni didattiche, integrando dimensioni fisiche e digitali in un quadro unitario che dia forma a pratiche educative innovative e inclusive (OECD, 2017; Oblinger, 2006). In questa prospettiva, ogni scelta ambientale assume un valore educativo e contribuisce a definire le condizioni di possibilità dell'apprendimento.

## Competenze digitali e alfabetizzazione all'intelligenza artificiale come dimensione trasversale

All'interno di questa configurazione integrata della professionalità docente, le competenze digitali e l'alfabetizzazione all'intelligenza artificiale trovano una collocazione non autonoma, ma trasversale alle altre dimensioni professionali. Le tecnologie digitali, in particolare quelle immersive e basate sull'AI, non introducono la multisensorialità negli ambienti di apprendimento, ma ne amplificano le potenzialità e, al contempo, i rischi. Esse possono favorire esperienze di apprendimento ricche e coinvolgenti, ma anche intensificare il carico cognitivo e sensoriale se non integrate in modo pedagogicamente consapevole (Makransky et al., 2019; Parong & Mayer, 2018). Le stesse ricerche mostrano come strumenti quali realtà virtuale e realtà aumentata possano amplificare l'esperienza multisensoriale, rendendo particolarmente evidente la necessità di una progettazione intenzionale e di una regolazione pedagogica attenta ai carichi cognitivi ed emotivi (Makransky et al., 2019; Parong & Mayer, 2018).

In questa prospettiva, la competenza digitale del docente non può essere ridotta alla capacità di utilizzare strumenti tecnologici, ma deve includere una comprensione critica delle implicazioni pedagogiche, etiche e sociali del loro impiego. Modelli come il TPACK e il Digi-CompEdu offrono cornici utili per integrare tecnologia, pedagogia e contenuti disciplinari, a condizione che vengano interpretati come strumenti di riflessione professionale e non come checklist operative (Misha & Koehler, 2006; Redecker, 2017). Il valore di tali framework risiede nella loro capacità di sostenere una progettazione didattica co-

erente, in cui la tecnologia è funzionale agli obiettivi educativi e non viceversa.

Con l'emergere dell'intelligenza artificiale, la competenza digitale si estende ulteriormente all'alfabetizzazione AI, intesa come capacità di comprendere, utilizzare e valutare criticamente sistemi intelligenti in contesti educativi. La letteratura recente sottolinea come l'AI possa offrire opportunità significative per la personalizzazione dell'apprendimento e il supporto ai processi valutativi, ma anche sollevare questioni rilevanti in termini di bias algoritmici, tutela della privacy e responsabilità educativa (UNESCO, 2023; Holmes et al., 2019). In questo scenario, il docente assume un ruolo centrale come mediatore etico e culturale, chiamato a guidare gli studenti nello sviluppo di un pensiero critico e consapevole rispetto all'uso delle tecnologie intelligenti. Diversi studi mostrano come, anche in presenza di ambienti digitali multisensoriali avanzati, l'efficacia educativa dipenda in larga misura dalle competenze professionali dei docenti e dalla loro capacità di integrare tali strumenti in una progettazione pedagogicamente fondata, evidenziando un divario tra potenzialità tecnologiche e pratiche didattiche effettive (Tondeur et al., 2017). In questo scenario, il docente assume un ruolo centrale come mediatore etico e culturale, chiamato a guidare gli studenti nello sviluppo di un pensiero critico e consapevole rispetto all'uso delle tecnologie intelligenti.

### **Il docente come regolatore della complessità sensoriale**

Considerate nel loro insieme, le competenze analizzate delineano una configurazione della professionalità docente che si discosta significativamente da modelli basati sull'accumulazione di abilità o

sull'adozione di metodologie prescrittive. Il docente emerge come regolatore della complessità sensoriale, una figura professionale capace di orchestrare ambienti di apprendimento in cui stimoli, spazi, linguaggi e tecnologie sono intenzionalmente modulati in funzione dell'apprendimento, dell'inclusione e del benessere.

In questa prospettiva, la competenza non coincide con la capacità di "fare di più", ma con la capacità di scegliere in modo situato: scegliere quali stimoli attivare e quali inibire, quali modalità rappresentative privilegiare, quando integrare la tecnologia e quando ridurre la complessità per favorire la comprensione profonda. Tale capacità di scelta rappresenta il cuore della professionalità docente nei contesti educativi contemporanei e richiede una formazione che valorizzi la riflessività, la progettazione intenzionale e la consapevolezza delle dinamiche sensoriali.

Il docente, in quanto regolatore della complessità, non esercita un controllo rigido sull'ambiente, ma opera una mediazione continua tra struttura e flessibilità, guidando i processi di apprendimento in modo adattivo e responsabile. Questa figura professionale si colloca pienamente nella prospettiva di una educazione "oltre l'aula", capace di rispondere alle sfide della contemporaneità senza rinunciare alla centralità della relazione educativa.

In conclusione, la professionalità docente non può essere concepita come un repertorio statico di competenze, ma come un processo di sviluppo continuo che accompagna l'insegnante nella gestione di ambienti educativi complessi, dinamici e sensorialmente densi, attraverso pratiche riflessive e dispositivi di formazione situata, come evidenzia-

to anche dagli studi sullo sviluppo professionale nei contesti educativi complessi (Opfer & Pedder, 2011).

## **Valutazione e complessità multisensoriale**

Negli ambienti di apprendimento caratterizzati da elevata complessità multisensoriale, anche i processi valutativi sono chiamati a una profonda riconfigurazione. Quando l'apprendimento si sviluppa attraverso modalità multimodali, corporee e situate, risulta infatti sempre meno adeguato un modello di valutazione centrato esclusivamente sulla misurazione di prodotti standardizzati o su prestazioni espresse attraverso un unico codice simbolico, prevalentemente verbale. In tali contesti, la valutazione non può limitarsi a certificare esiti, ma assume la funzione di dispositivo interpretativo e formativo, strettamente intrecciato ai processi di insegnamento-apprendimento. La letteratura sulla valutazione formativa ha ampiamente evidenziato come l'osservazione sistematica, il feedback continuo e l'attenzione ai processi costituiscano elementi essenziali per sostenere apprendimenti profondi e significativi, soprattutto in contesti complessi e non lineari, nei quali l'apprendimento non procede secondo traiettorie prevedibili (Sadler, 1989; Black & Wiliam, 2009).

Nella complessità, la valutazione richiede al docente competenze specifiche di lettura e interpretazione di evidenze eterogenee, che vanno oltre le tradizionali prove di verifica. Comportamenti, interazioni, produzioni multimodali, modalità di partecipazione, strategie di esplorazione e segnali corporei ed emotivi che accompagnano l'esperienza di apprendimento diventano fonti informative rilevanti per comprendere i processi in atto. Il profilo del docente si arricchisce così

di una competenza valutativa intesa non come applicazione meccanica di criteri predefiniti, ma come capacità di costruire giudizi professionali fondati su una pluralità di indicatori, coerenti con la natura multimodale e situata dell'esperienza educativa. Tale prospettiva implica una concezione della valutazione come pratica interpretativa, che richiede sensibilità pedagogica, attenzione al contesto e consapevolezza dei limiti intrinseci di ogni forma di misurazione.

In questa direzione, i principi dell'Universal Design for Learning offrono una cornice teorica particolarmente pertinente, sottolineando la necessità di riconoscere e valorizzare molteplici modalità di espressione dell'apprendimento e di evitare che i dispositivi valutativi diventino essi stessi barriere alla partecipazione e alla riuscita formativa (CAST, 2018). La valutazione, in una prospettiva inclusiva, non si configura come momento selettivo o sanzionatorio, ma come processo continuo di accompagnamento, capace di rendere visibili i progressi, le strategie adottate e le modalità personali di costruzione del significato.

La valutazione assume, inoltre, una funzione centrale nella regolazione pedagogica esercitata dal docente. Attraverso pratiche valutative formative e riflessive, l'insegnante orienta le scelte didattiche, calibra il livello di stimolazione, individua segnali di sovraccarico cognitivo ed emotivo e adatta la progettazione alle risposte degli studenti. In questo senso, valutare significa anche prendersi cura della sostenibilità dell'esperienza educativa, evitando che la ricchezza multisensoriale si traduca in dispersione o affaticamento. La competenza valutativa diviene così parte integrante della professionalità docente, strettamente

connessa alla capacità di leggere la complessità e di intervenire in modo intenzionale e responsabile.

Infine, una valutazione coerente con ambienti multisensoriali complessi contribuisce a sostenere lo sviluppo della consapevolezza degli studenti rispetto ai propri processi di apprendimento. Attraverso feedback mirati, criteri esplicitati e momenti di riflessione condivisa, il docente favorisce forme di autoregolazione e di metacognizione che rafforzano il ruolo attivo degli studenti nell'esperienza educativa. In questa prospettiva, la valutazione non rappresenta un momento separato o conclusivo dell'azione didattica, ma una dimensione costitutiva del profilo professionale del docente nella complessità multisensoriale, nella quale si intrecciano rigore, flessibilità e responsabilità pedagogica.

### **Sfide e opportunità nella formazione del docente nella complessità multisensoriale**

La configurazione di professionalità docente delineata nei paragrafi precedenti pone interrogativi rilevanti sul piano della formazione iniziale e continua degli insegnanti. Le competenze richieste per operare in ambienti caratterizzati da elevata complessità multisensoriale, riflessività, progettazione multimodale, sensibilità pedagogica, capacità di regolazione e integrazione critica delle tecnologie, difficilmente possono essere sviluppate attraverso modelli formativi trasmissivi, frammentati o eccessivamente focalizzati sull'acquisizione di strumenti e procedure. La letteratura sullo sviluppo professionale docente evidenzia come tali approcci tendano a privilegiare conoscenze dichiarative o abilità tecniche isolate, risultando poco efficaci nel

sostenere forme di apprendimento professionale capaci di rispondere alla complessità reale dei contesti educativi contemporanei (Opfer & Pedder, 2011; Darling-Hammond et al., 2020).

In particolare, la formazione orientata alla gestione della complessità multisensoriale richiede dispositivi che consentano ai docenti di confrontarsi con situazioni autentiche, ambigue e non pienamente prevedibili, analoghe a quelle che incontrano nella pratica quotidiana. La capacità di leggere segnali deboli, di modulare gli stimoli ambientali, di bilanciare coinvolgimento e sostenibilità cognitiva ed emotiva non può essere appresa attraverso l'addestramento a tecniche standardizzate, ma si sviluppa progressivamente attraverso processi di riflessione in azione e sulla pratica. In questo senso, percorsi formativi basati sull'osservazione riflessiva, sull'analisi di casi, sul confronto tra pari, sul mentoring e sulle comunità di pratica risultano particolarmente adeguati a sostenere lo sviluppo di una professionalità docente capace di interpretare e governare la complessità multisensoriale in modo consapevole e responsabile.

Un'ulteriore sfida riguarda la tendenza, ancora diffusa nei contesti formativi, di separare le dimensioni cognitive, emotive e corporee dell'insegnamento, trattandole come ambiti distinti. Tale frammentazione risulta poco compatibile con la natura integrata degli ambienti multisensoriali, nei quali percezione, emozione, azione e costruzione del significato si intrecciano costantemente. La formazione del docente richiede, pertanto, un ripensamento delle cornici formative, affinché esse rispecchino la stessa integrazione che si chiede agli insegnanti di promuovere nei contesti di apprendimento. Al tempo stesso, l'attuale contesto offre opportunità significative per rinnovare i modelli di for-

mazione docente. La possibilità di sperimentare ambienti di apprendimento flessibili, multimodali e, in alcuni casi, digitalmente arricchiti può favorire una maggiore consapevolezza delle dinamiche sensoriali ed emotive che influenzano l'apprendimento, a condizione che tali esperienze siano accompagnate da spazi strutturati di riflessione guidata. In questa prospettiva, la formazione non si limita a fornire strumenti o metodologie, ma sostiene lo sviluppo di una postura professionale capace di assumere la complessità come oggetto di pensiero, di analisi critica e di azione pedagogica intenzionale.

Infine, concepire la formazione docente come processo continuo e situato implica riconoscere che la competenza nella gestione della complessità multisensoriale non si esaurisce nella fase iniziale della carriera, ma richiede un costante lavoro di aggiornamento, riflessione e ridefinizione del proprio agire professionale. La formazione diviene così uno spazio privilegiato per coltivare il profilo del docente come soggetto epistemico e regolatore della complessità, in grado di trasformare l'esperienza educativa in conoscenza professionale e di orientare l'azione didattica in modo eticamente e pedagogicamente fondato.

## Conclusioni

Il percorso teorico sviluppato in questo capitolo ha messo in luce come la complessità multisensoriale non rappresenti un semplice sfondo dell'esperienza educativa contemporanea, ma una condizione strutturale che interpella profondamente la professionalità docente. In ambienti caratterizzati da pluralità di stimoli, linguaggi e modalità di partecipazione, il profilo del docente non può essere ricondotto né a un repertorio di tecniche né a una sommatoria di competenze settori-

ali, ma si configura come una figura professionale capace di integrare riflessività, progettazione intenzionale, sensibilità pedagogica e competenza regolativa.

In questa prospettiva, il docente emerge come garante della sostenibilità dei processi educativi, intesa non solo in termini organizzativi o cognitivi, ma anche emotivi, relazionali ed etici. La gestione della multisensorialità richiede infatti una costante attenzione al bilanciamento tra ricchezza dell'esperienza e sostenibilità dell'apprendimento, affinché l'intensificazione degli stimoli non si traduca in sovraccarico, dispersione o esclusione. La capacità di selezionare, modulare e talvolta ridurre la complessità diventa così un atto pedagogico intenzionale, che riflette una responsabilità professionale profonda nei confronti del benessere e dello sviluppo degli studenti.

Il docente, in quanto soggetto epistemico e regolatore della complessità, assume inoltre un ruolo centrale sul piano etico, poiché ogni scelta progettuale, organizzativa e valutativa incide direttamente sulle opportunità di partecipazione, di accesso al significato e di riconoscimento delle differenze. In ambienti multisensoriali, tali scelte non sono mai neutre: decidere quali stimoli attivare, quali linguaggi privilegiare, quali modalità di espressione riconoscere come legittime implica una presa di posizione rispetto ai valori che orientano l'azione educativa. La professionalità docente si manifesta dunque anche come capacità di esercitare un giudizio eticamente fondato, capace di coniugare equità, inclusione e responsabilità educativa.

Alla luce di queste considerazioni, il profilo del docente nella complessità multisensoriale può essere interpretato come quello di un professionista che custodisce il senso dell'esperienza educativa, orientan-

do la progettazione e la valutazione non verso la massimizzazione degli stimoli o delle prestazioni, ma verso la qualità dei processi di apprendimento e delle relazioni che li sostengono. In questa cornice, la multisensorialità non è fine a sé stessa, ma diventa uno spazio pedagogico da abitare consapevolmente, attraverso pratiche riflessive e scelte responsabili.

Infine, riconoscere il docente come figura di garanzia della sostenibilità e della responsabilità etica implica un ripensamento delle politiche formative e istituzionali, chiamate a sostenere lo sviluppo di tale professionalità nel tempo. Solo attraverso percorsi di formazione continua, riflessiva e situata sarà possibile accompagnare gli insegnanti nell'esercizio di un ruolo che, nella complessità multisensoriale, non si limita a trasmettere conoscenze, ma contribuisce in modo decisivo a costruire ambienti educativi equi, sostenibili e orientati al senso dell'educare.

## Bibliografia

- Ainscow, M. (2020). Promoting inclusion and equity in education: Lessons from international experiences. *Nordic Journal of Studies in Educational Policy*, 6(1), 7–16. <https://doi.org/10.1080/20020317.2020.1729587>
- Al-Azawei, A., Serenelli, F., & Lundqvist, K. (2016). Universal Design for Learning (UDL): A content analysis of peer-reviewed journal papers from 2012 to 2015. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 16(3), 39–56. <https://doi.org/10.14434/josotl.v16i3.19295>

Barsalou LW. (2008). Grounded cognition. *Annual Rev Psychology*; 59:617-45. doi: 10.1146/annurev.psych.59.103006.093639. PMID: 17705682.

Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>

Caena, F. (2014). Initial teacher education in Europe: An overview of policy issues. *European Journal of Education*, 49(2), 231–245. <https://doi.org/10.1111/ejed.12066>

CAST. (2018). Universal Design for Learning guidelines version 2.2. <http://udlguidelines.cast.org>

Craig, D. C., Kay, R. (2023). A systematic overview of reviews of the use of immersive virtual reality in higher education. *Higher Learning Research Communications*, 13(2), 42–60. <https://doi.org/10.18870/hlrc.v13i2.1430>

Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science*, 24(2), 97–140. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>

Davis, B., Sumara, D. (2006). Complexity and education: Inquires into learning, teaching, and research. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Eraut \*, M. (2004). Informal learning in the workplace. *Studies in Continuing Education*, 26(2), 247–273. <https://doi.org/10.1080/158037042000225245>

Florian, L., Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. *British Educational Research Journal*, 37(5), 813–828. <https://doi.org/10.1080/01411926.2010.501096>

Gelsomini, M., Leonardi, G., Garzotto, F. (2020). Embodied Learning in Immersive Smart Spaces. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376667>

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign. ISBN: 978-1794293700

Immordino-Yang, M. H., Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x>

Lackney, J. A. (2008). Teacher environmental competence in elementary school environments. *Children, Youth and Environments*, 18(2), 133–159. <http://www.jstor.org/stable/10.7721/chilyoutenvi.18.2.0133>

Loughran, J. (2010). *What expert teachers do. Enhancing Professional Knowledge for Classroom Practice*. Routledge.

Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2253–2268. <https://doi.org/10.1111/bjet.12763>

Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.

Oblinger, D. G. (Ed.). (2006). Learning spaces. EDUCAUSE.

Opfer, V. D., Pedder, D. (2011). Conceptualizing Teacher Professional Learning. *Review of Educational Research*, 81(3), 376-407. <https://doi.org/10.3102/0034654311413609>

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2025a). OECD teaching compass: Reimagining teachers as agents of curriculum change. OECD.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2025b). Teachers as integral to a learning ecosystem (Section 7). OECD Education 2040.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2017). The OECD handbook for innovative learning environments. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264277274-en>

Parong, J., Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *British Journal of Educational Technology*, 49(4), 585–598. <https://doi.org/10.1111/bjet.12625>

Priestley, M., Biesta, G., & Robinson, S. (2015/agg. 2021). Teacher agency: What is it and why does it matter? In R. Kneyber & J. Evers (Eds.), *Flip the system* (2nd ed.). Routledge

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., Wohlgemant, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

Rao, K., Ok, M. W., Bryant, B. R. (2014). A review of research on Universal Design for Learning: The past, present, and future. *Remedial and Special Education*, 35(3), 153–166. <https://doi.org/10.1177/0741932513518980>

Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/159770>

Sadler, D. R. (1989). Formative assessment and the design of instructional systems. *Instructional Science*, 18(2), 119–144. <https://doi.org/10.1007/BF00117714>

Sawyer, R. K. (Ed.). (2014). *The Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. Basic Books Inc.

Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Education Tech Research Dev*, 68, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09701-3>

Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A., Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 65(3), 555–575.

<https://doi.org/10.1007/s11423-016-9481-2>

UNESCO. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO Publishing.

Van Manen, M. (1991). *The tact of teaching. The Meaning of Pedagogical Thoughtfulness*. SUNY Press.