

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento di Psicologia Generale

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN PSICOLOGIA COGNITIVA APPLICATA

**“TESI SPERIMENTALE SULLA DISCRIMINAZIONE DI PLAYBACK ACUSTICI
DI EMOZIONI UMANE NON LINGUISTICHE IN VACCHE DA ALLEVAMENTO
(*Bos taurus*)”**

Relatrice:

Prof. ssa Lucia Regolin

Tesi di Laurea di:

Giampietro Marratzu

Correlatori:

Maria Loconsole

Luigi Baciadonna

Anno Accademico 2023 – 2024

INDICE

<i>Introduzione</i>	3
Capitolo 1	5
<i>1.1 La comunicazione acustica.</i>	5
<i>1.1.1 Origini e meccanismi della comunicazione acustica</i>	5
<i>1.2.1 Lo studio delle Emozioni negli animali: da Darwin ad oggi.</i>	14
Capitolo 2	20
<i>2.1 Misurare le emozioni negli animali non umani.</i>	20
<i>2.2 La Lateralizzazione Cerebrale</i>	24
<i>2.2.1 La Lateralizzazione Emotiva.</i>	29
Capitolo 3	36
<i>3.1 Obiettivi di ricerca</i>	36
<i>3.1.1 Soggetti</i>	37
<i>3.1.2 Locali e attrezzature</i>	40
<i>3.1.3 Stimoli</i>	43
<i>3.2.1 Procedura.</i>	43
<i>3.2.2 Codifica dei dati.</i>	45
Capitolo 4	46
<i>4.1 Analisi statistica e Risultati:</i>	46
<i>4.1.2 Latenza.</i>	46
<i>4.1.3 Orientamento Attentivo.</i>	48
<i>4.1.4 Attenzione acustica.</i>	49
<i>4.1.5 Attenzione visiva.</i>	51
<i>4.2 Analisi correlazioni:</i>	52
Capitolo 5	54
<i>5.1 Discussione</i>	54
<i>5.1.2 Presupposti Teorici</i>	54
<i>5.2 Presupposti Sperimentali</i>	55
<i>5.3 Il nostro studio</i>	56
<i>5.3 Uno sguardo critico</i>	59
<i>5.2 Conclusioni</i>	61
Bibliografia	63

Introduzione

Nel vasto panorama della ricerca scientifica sull'etologia e la cognizione animale, un argomento di crescente interesse è rappresentato dall'analisi delle capacità cognitive negli animali da allevamento. La relazione tra gli animali da allevamento e l'uomo presenta radici millenarie nella storia e nella cultura con un lungo rapporto di interdipendenza. Da tale rapporto dipendono aspetti basilari riguardanti la nostra società come la sostenibilità ambientale, l'economia o l'industria alimentare per citarne alcuni. La presente tesi, con l'obiettivo di ampliarne il corpus conoscitivo, prende in esame la specie *Bos taurus*: che, in virtù dello stretto rapporto con la specie umana, e della sua vicinanza filogenetica, si presenta adeguata rispetto allo studio sulle capacità animali riguardanti la percezione e la discriminazione di emozioni umane attraverso suoni non linguistici.

Le emozioni, difatti, sono parte integrante della comunicazione animale, spesso espresse attraverso intonazioni vocali e modulazioni sonore che permettono la trasmissione di stati emotivi sia a conspecifici che non. Tramite l'utilizzo di playback acustici standardizzati, composti di tracce audio aventi (per gli umani) valenza positiva o negativa, e il monitoraggio video, si analizzeranno le differenze nelle risposte comportamentali dei soggetti di ricerca esposti ai differenti stimoli.

Verranno testate due razze bovine appartenenti alle razze Limousine e Sardo-bruna. Le principali ipotesi sperimentali conseguenti a tale studio riguarderanno:

I) l'ipotesi di registrare un maggior numero di risposte di allerta o aversive nei confronti dei suoni a valenza negativa (e.g., aumentato monitoraggio della sorgente del suono, risposte di freezing, evitamento) rispetto a quelli a valenza positiva (per cui invece ci si aspetta di registrare risposte attentive di tipo affiliativo o di approccio/ispezione nei confronti della sorgente del suono e una minor attenzione sostenuta).

II) l'ipotesi di risposte più marcate (in termini di tempi di latenza e intensità) nei soggetti di età inferiori ai 3 anni, che presentino un minor grado di esposizione all'interazione con esseri umani.

III) l'ipotesi che vi siano differenze nelle risposte comportamentali riconducibili alle razze di appartenenza.

Grazie ai risultati ottenuti da tale studio, sarà possibile incrementare la nostra conoscenza circa le capacità di riconoscimento inter-specie di stimoli acustici a diversa valenza emotiva e delle variabili che possono influenzare tale riconoscimento, riprendendo una tematica già presente in letteratura (Huber et al., 2017; Smith et al., 2018) ma indagandoli per la prima volta nella specie *Bos taurus*, utilizzando un paradigma consolidato ed ecologico, basato sull'osservazione di comportamenti spontanei in un ambiente semi-naturale.

L'obiettivo di ricerca sarà quello di contribuire a una visione più completa e sfaccettata delle vacche da allevamento come individui aventi una varietà di capacità cognitive-emotive e sociali. Una migliore comprensione di tali dimensioni non solo potrebbe influenzare positivamente le pratiche di gestione e allevamento, ma potrebbe anche gettare le basi per una riflessione più profonda sulla nostra relazione con gli animali da allevamento e sull'etica d'uso degli stessi.

Capitolo 1

1.1 La comunicazione acustica.

L'impiego di segnali acustici presenta numerosi vantaggi rispetto ad altre forme di comunicazione. Questo metodo è più efficiente dal punto di vista energetico (nonostante il rischio di rilevamento da parte dei predatori) e consente una propagazione veloce in tutte le direzioni. La modulazione dei diversi parametri del suono consente la codifica di un'infinità di combinazioni di messaggi, che grazie all'ascolto binaurale permette al destinatario di identificare la provenienza del segnale acustico. Inoltre, la comunicazione acustica può essere impiegata anche di notte o in ambienti densi (foreste), dove il contatto visivo è impraticabile.

Sebbene i suoni possano percorrere lunghe distanze, l'estinzione del segnale acustico è rapida, a differenza, ad esempio, dei segnali chimici. La portata di un segnale sonoro dipende dall'intensità dell'emissione, dalla sua struttura fisica, dal rumore di fondo e dalle caratteristiche acustiche dell'ambiente circostante. Le diverse specie, in base all'ambiente in cui vivono, utilizzano bande di frequenza ottimali per migliorare l'efficienza della comunicazione acustica. Ad esempio, in ambienti chiusi, i suoni ad alta frequenza sono più adatti, mentre in ambienti complessi come le foreste o in presenza di forte disturbo di fondo, i segnali a bassa frequenza sono più efficienti e possono coprire distanze maggiori.

1.1.1 Origini e meccanismi della comunicazione acustica

La comunicazione acustica è uno degli elementi chiave del successo evolutivo in svariate specie. L'origine viene attestata all'ultimo antenato comune dei vertebrati coanati vissuto nell'era Paleozoica, circa 407 milioni di anni fa (Jorgewich-Cohen et al., 2022).

La comunicazione per via acustica è permessa, salvo alcune eccezioni, dal passaggio d'aria che avviene tra i polmoni e la laringe, ed è comune in tutti i vertebrati coanati la localizzazione dei motoneuroni associati ai vocalizzi nel cervelletto caudale (Jorgewich-Cohen et al., 2022).

Teorie legate ai motivi evolutivisti della sua comparsa fanno riferimento all'attività notturna (Chen & Wiens, 2020) in ragione del fatto che essa permette lo scambio di informazioni anche complesse in assenza di stimoli visivi, e senza la necessaria prossimità. La comunicazione acustica viene adoperata in numerosi contesti, tra cui il riconoscimento, il richiamo, segnali d'allerta, per comportamenti legati all'accoppiamento, per l'affermazione di dominanza in un determinato territorio oltre che per la sua difesa.

Nei mammiferi l'evoluzione dell'apparato uditivo, fattispecie dell'orecchio, ha avuto tre sviluppi anatomici principali:

- a) L'evoluzione dell'orecchio medio a tre ossa (Martello, Incudine e Staffa)
- b) Lo sviluppo dei padiglioni auricolari (orecchio esterno)
- c) L'isolamento acustico delle due orecchie

Nello specifico le componenti del sistema uditivo nella gran parte dei mammiferi riguardano:

- “Il padiglione”: struttura esterna dell'orecchio che ne aumenta l'acuità in relazione alle dimensioni.
- “Il timpano”: esso permette la conversione delle vibrazioni veicolate dall'aria (i suoni) in vibrazioni meccaniche.
- “Sistema di amplificazione”: presente nell'orecchio interno ad opera delle tre ossa: Martello, Incudine e Staffa.
- “Il trasduttore”: permette di trasdurre le vibrazioni meccaniche in vibrazioni fluide.
- “Il convertitore”: tramite la coclea, vengono convertite le vibrazioni del fluido in segnali elettrici che vengono mandati al cervello tramite il nervo uditivo.

Nell'individuazione della fonte sonora i mammiferi si avvalgono di tre fattori:

- I. la differenza temporale con la quale arriva il suono alle due orecchie;
- II. la differenza d'intensità di un suono;
- III. la direzionabilità dei padiglioni auricolari, questi permettono una riduzione del rumore di fondo, potendo direzionarsi rispetto alla fonte target (Heffner & Heffner, 2018).

In precedenti studi (Heffner & Heffner, 2018) è stato dimostrato come l'acuità di localizzazione di un suono abbia una forte correlazione (0.89) con la dimensione del campo visivo dell'animale, dove più è grande l'ampiezza del campo visivo a disposizione minore è l'acuità di localizzazione. Dunque, contro ogni aspettativa riscontriamo che se prendessimo due mammiferi, ad esempio il topo domestico che presenta un'acuità visiva di venti volte inferiore all'uomo, e una vacca che grazie alla sua visione binoculare che presenta un campo visivo esteso, riscontreremo maggiori capacità di individuazione della fonte sonora nel topo. Questi dati permettono di sostenere quanto la funzione delle orecchie sia fondamentale per la direzionabilità degli occhi verso le sorgenti sonore. Rispetto altri tetrapodi come rettili e uccelli, i mammiferi hanno sviluppato un udito sensibile ai suoni ad alta frequenza >10 kHz, e una capacità di produzione sonora in un range che di grandezza che va dai 9 Hz dei cetacei (infrasuoni) fino agli oltre 110 kHz dei pipistrelli (ultrasuoni).

Una delle teorie che ha permesso di ampliare la nostra comprensione riguardante la produzione dei segnali acustici è la Teoria Sorgente-Filtro (Fant, 1960): inizialmente formulata per descrivere l'emissione sonora umana, è stata estesa e applicata in molte specie appartenenti al regno animale. Secondo Fant il segnale acustico giunge per via di una struttura lineare avente due componenti: una di emissione e una di filtraggio, nello specifico le fasi sono composta da:

- a) l'onda glottale nella faringe (Sorgente).
- b) Filtraggio nel tratto vocale sopra laringeo (Filtro).

Per quanto riguarda la Sorgente, la produzione acustica avviene nella laringe una struttura cartilaginea situata nella parte in basso della gola. Le strutture principali di cui si compone sono la cartilagine tiroidea e la cartilagine cricoide (Taylor & Reby, 2010); da quest'ultima si diramano le corde vocali, costituite da tre differenti strati: l'epitelio, il legamento vocale e il muscolo.

Mentre per quanto riguarda il Filtro, il processo di filtraggio avviene nel tratto vocale, tramite tutte le cavità d'aria presenti tra la laringe e bocca/narici, attraverso il quale viaggia il segnale sorgente prima di irradiarsi nell'ambiente (Taylor & Reby, 2010).

Nei mammiferi le vocalizzazioni sono generate dalle vibrazioni delle corde vocali innescate dal flusso d'aria proveniente dai polmoni, tali vibrazioni definiscono la Frequenza Fondamentale (F_0), misurabile in Hz. Il suono prodotto alla sorgente viene poi filtrato dal tratto vocale sopra laringeo (il filtro), comprendente: faringe, cavità orale e nasale, generando frequenze amplificate chiamate "formanti". La forma e la lunghezza del tratto vocale influenzano rispettivamente le formanti inferiori e superiori. I parametri legati alla sorgente dipendono dall'anatomia e dalla fisiologia della laringe, mentre quelli relativi al filtro sono determinati dall'anatomia e dalla fisiologia del tratto vocale sopra laringeo. Cambiamenti nella tensione muscolare della laringe influenzano la frequenza fondamentale (F_0), mentre le formanti sono influenzate dalla forma e lunghezza del tratto vocale. La teoria del filtro sorgente collega questi parametri acustici alla modalità di produzione delle vocalizzazioni, consentendo di comprendere le variazioni acustiche in relazione agli attributi anatomici o fisiologici del chiamante come: sesso, età, dimensioni corporee, stato emotivo-motivazionale e in alcuni casi anche informazioni referenziali attribuibili a stimoli specifici.

Sistema		Posizione	Funzione nella produzione vocale	Parametri vocali associati
Sorgente	Respirazione	Polmoni e trachea	Generazione e conduzione del flusso d'aria	Ampiezza, Durata, F_0 (pressione subglottale)
	Fonazione	Laringe (comprese le corde vocali)	Trasformare il flusso d'aria in suono mediante l'oscillazione delle corde vocali	F_0

	Sistema	Posizione	Funzione nella produzione vocale	Parametri vocali associati
Filtro	Risonanza	Tratto vocale (faringe, cavità vocali, nasali e orali, labbra e narici)	Filtrare il suono sorgente amplificando e attenuando determinate frequenze	<i>Formanti</i> , distribuzione relativa dell'energia nello spettro
	Articolazione (esseri umani)	Lingua, labbra, palato duro e molle, denti e mascella	Trasformare il suono in entrata in suoni vocali specifici della lingua (suoni non sonori/sonati)	<i>Contorni F1 e F2</i> , distribuzione relativa dell'energia nello spettro

Tabella1 Meccanismi di produzione vocale nei mammiferi (Briefer, 2012)

Indici legati alla fonte si rifanno alle variazioni nella F_0 , sia interne che tra chiamate; la F_0 è rassomigliabile a una firma identitaria all'interno di una specie e la sua variabilità viene facilmente riscontrata all'interno di spettrogrammi. I parametri vocali legati alla sorgente, dipendono dall'anatomia della laringe, fattori come la lunghezza delle corde vocali, lo spessore e la massa. La F_0 non si traduce però come un buon indicatore rispetto alle dimensioni corporee, essendo legato a strutture molli esso può essere modulato, inoltre i risvolti legati alla sua ampiezza (alto-bassa) vengono interpretati in maniera differente a seconda delle specie, dunque non possiede caratteristiche facilmente generalizzabili.

Le variazioni nelle vocalizzazioni indotte dal filtro sono un campo di recente sviluppo nello studio delle componenti bioacustiche legate agli animali. Essendo che il tratto vocale non cresce indipendentemente rispetto al resto del corpo per via dei vincoli scheletrici imposti dallo stesso, la sua lunghezza viene strettamente correlata alle dimensioni corporee.

Tale vincolo permette di ricevere informazioni attendibili sul chiamante in relazione alle formanti. La spaziatura tra esse risulta infatti essere il correlato acustico più attendibile in relazione alle dimensioni, e definita come “dispersione delle formanti” in relazione alla dispersione che esse presentano nello spettro del richiamo.

Numerosi studi come per i Panda, (Charlton et al., 2009) e i macachi giapponesi (Fitch, 1997) hanno confermato una correlazione negativa diretta tra la dispersione delle formanti e le dimensioni corporee in numerose specie.

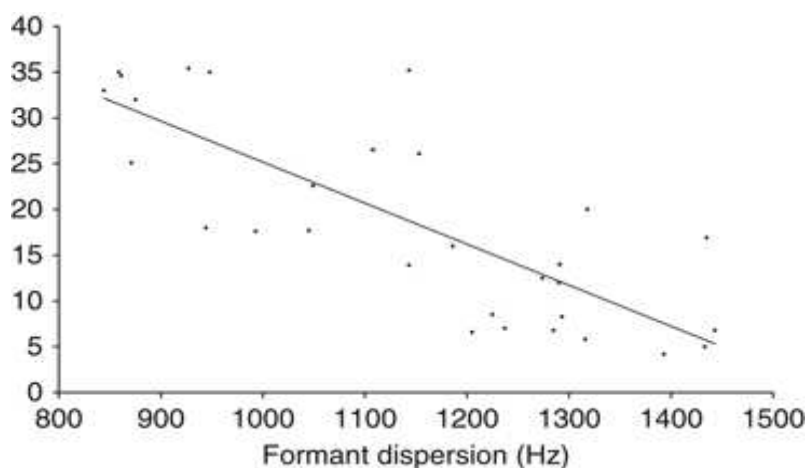


Figura 1 Peso corporeo (kg) di 30 cani domestici *Canis familiaris* tracciato in funzione della dispersione delle formanti (Hz).

Journal of Zoology, Volume: 280, Issue: 3, Pages: 221-236, First published: 09 February 2010, DOI: (10.1111/j.1469-7998.2009.00661.x)

Nella figura 1, vengono rappresentati i risultati di uno studio effettuato da (Taylor et al., 2010) che mettono in relazione la dispersione delle formanti, ottenute dalle registrazioni di ringhi da trenta cani domestici di diverse razze, in combinazione alle dimensioni corporee. Da risultati come quello sopracitato è partita una serie di studi con lo scopo di indagare se gli animali utilizzassero tali indicatori, come la dispersione delle formanti, per valutare le dimensioni corporee del chiamante, e le conseguenze comportamentali che ciò implicava. Numerosi studi hanno avvalorato tale ipotesi, come nel caso delle Scimmie Rhesus (Ghazanfar et al., 2007), quest'ultime riuscivano ad associare immagini di conspecifici immaturi a stimoli acustici con dispersioni di formanti ampie, e immagini di conspecifici

adulti con dispersioni di formanti più piccole, riuscendo a dimostrare anche un comprensione intermodale (da uditiva a visiva) del chiamante.

Nel quadro relativo alla competizione maschile le informazioni ottenute da tali indici permettono di scegliere se intensificare o meno l'interazione agonistica con un altro individuo, sulla base della valutazione corporea che ha il chiamante rispetto al ricevente. A tale scopo un capobranco potrebbe affermare il proprio dominio senza necessariamente ingaggiare uno scontro. Oltre alla competizione maschile, la dispersione delle formanti pare essere decisiva anche per quanto riguarda la scelta del compagno. Nella scelta del partner sessuale è stato notato in numerose specie una propensione per i richiami che presentavano formanti meno distanziate, indicative di maggiori stazze, rispetto a formanti distanziate associate a individui minuti.

L'affidabilità di tali informazioni dipende molto dalla qualità del segnale sorgente. Le formanti infatti sono più facili da discriminare nei richiami aspri a banda larga, come ringhi o gemiti, rispetto a richiami con tonalità più acute.

Nel complesso la dispersione delle formanti si prefissa come un buon indicatore, affidabile e riconoscibile sia tra conspecifici che interspecie, della dimensione corporea. Nella tabella 2 sono categorizzati gl'indici modulatori condivisi in tutti i tetrapodi legati ai vincoli fisiologici e alle variazioni che ne consegue a livello acustico.

Indici modulatori vocali condivisi nei segnali vocali dei tetrapodi umani e non umani	vincolato da	variazione
pause	capacità polmonari, respirazione	numero, durata, posizione
frequenza fondamentale (altezza)	pressione sottoglottica, lunghezza del tessuto vibrante	grandezza; posizione della modulazione
durata delle sillabe/unità	capacità polmonari, respirazione	grandezza; posizione della modulazione
intensità/ampiezza (volume)	sforzo con cui l'aria viene espulsa dai polmoni	grandezza; posizione della modulazione
qualità della voce: formanti, sovratoni e inviluppo spettrale	fisiologia del tratto vocale, flessibilità nel movimento degli articolatori	diverse qualità del suono (timbro) e suoni del parlato (ad esempio vocali)
qualità della voce: pulsazioni glottali	forma del tessuto vibrante, sforzo con cui l'aria viene spinta fuori dai polmoni	modo di vibrazione e forma degli impulsi glottali (ad esempio voce sussurrata)

Tabella2 Indici modulatori nei segnali vocali dei tetrapodi umani e non umani, inclusi i fattori fisiologici che li vincolano e i modi specifici in cui variano.

La dipendenza dei segnali acustici nei riguardi di attributi fisici statici, oltre alla loro modulazione dovuta a pratiche comportamentali (espressioni), può produrre nel contesto

delle interazioni, un secondo livello di codifica sulle informazioni trasmesse dal chiamante, andando a fornire indicazioni sullo stato emotivo-motivazionale dello stesso. Oltre a questo all'interno di un numero limitato di specie, la struttura acustica dei segnali può essere organizzata in maniera prevedibile in modo da fornire informazioni di carattere referenziale, ovvero stimolo-specifiche nei riguardi dell'ambiente esterno. Le differenze di frequenza udibili nelle vocalizzazioni rispecchiano spesso segnali ritualizzati: si hanno infatti segnali acustici con vocalizzazioni basse e a banda larga quando si presentano intenti aggressivi (es. ringhi), e segnali acustici con vocalizzazioni acute quando si hanno motivazioni amichevoli o di sottomissione (es. piagnucolii), in linea con la teoria Motivazionale-Strutturale di Morton, secondo cui diverse specie di animali, tentano sia visivamente che acusticamente di proiettare impressioni corporee maggiori o minori a seconda dei contesti in cui sono immersi.

Le emozioni possono agire a diversi livelli (cervello, laringe, tratto vocale, polmoni) per influenzare le vocalizzazioni. Le vie di controllo vocale nel cervello, connesse ad aree sensoriali, emotive e omeostatiche, sono coinvolte nell'impatto delle emozioni sulle vocalizzazioni. I cambiamenti fisiologici: nelle espressioni facciali, nei polmoni e nell'apparato vocale, legati alle emozioni, influenzano la frequenza e la struttura delle vocalizzazioni tramite la tensione muscolare. Considerando le modalità di produzione delle vocalizzazioni, è possibile studiare e prevedere come i parametri vocali variano in base all'eccitazione o alla valenza degli stati emotivi sperimentati.

Ad esempio, la felicità è associata a una "voce ampia" caratterizzata da basse frequenze, mentre la paura induce una "voce ristretta" caratterizzata da alte frequenze. Questi modelli possono estendersi agli animali non umani se l'espressione vocale delle emozioni è conservata evolutivamente. Sebbene le teorie della valutazione siano state applicate agli animali, la struttura delle vocalizzazioni durante questi processi è scarsamente studiata.

In conclusione, le risposte fisiologiche legate all'Eccitazione e alla Valenza emotiva possono influenzare chiaramente la produzione vocale in animali non umani, agendo ad esempio su componenti come la velocità di produzione, la frequenza e la Durata. Tuttavia,

comprendere i meccanismi dietro gli indicatori vocali di valenza emotiva richiede ulteriori ricerche e l'integrazione di previsioni basate su movimenti, posture ed espressioni facciali. Nell'analizzare la relazione tra indicatori neurali, fisiologici o comportamentali delle emozioni e la produzione vocale, è importante considerare attentamente le cause e gli effetti, evitando interpretazioni superficiali di correlazioni tra indicatori emotivi e vocalizzazioni.

1.2.1 Lo studio delle Emozioni negli animali: da Darwin ad oggi.

Le emozioni sono complessi stati affettivi e psicologici che coinvolgono una serie di reazioni fisiche, cognitive e comportamentali in risposta a stimoli interni o esterni. Sono una parte essenziale dell'esperienza umana ed animale giocando un ruolo fondamentale nella comunicazione, nell'adattamento all'ambiente e nella regolazione del comportamento.

Le emozioni si rifanno dunque a un processo multidimensionale che coinvolge l'intero organismo, un'esperienza eterogenea, con una forte funzione d'organizzazione cognitivo-affettiva, che media il rapporto tra l'organismo e l'ambiente (Luigia Camaioni & Di Blasio Paola, 2002). Si tratta dunque di un fenomeno che, coinvolgendo l'intero organismo a livello fisiologico, comportamentale, cognitivo ed affettivo, ricopre una funzione adattiva rispetto a all'ambiente.

Il merito di aver reintrodotta le emozioni nell'ottica evoluzionistica è ad opera di Charles Darwin, con il libro "*L'espressione delle emozioni nell'uomo e negli animali*" pubblicato nel 1872.

Darwin descrive le emozioni come entità discrete, ovvero distinte le une dalle altre, con configurazioni specifiche: le principali emozioni descritte da Darwin si rifanno alle emozioni di base come: Paura, Gioia, Tristezza, Rabbia, Disgusto e Sorpresa.

I principali contributi derivanti dalla sua opera si rifanno alle sue attente analisi sulle espressioni comportamentali come le espressioni facciali, posture corporee, le tonalità delle vocalizzazioni, ponendo le basi per indici di categorizzazione che ne delineano le emozioni sottostanti (Darwin, 1872). Egli fu il primo a considerare l'esperienza emotiva non esclusiva

della specie umana, i suoi scritti inseriscono esempi di numerose specie animali spaziando dai mammiferi agli artropodi. Il suo lavoro non fu esente da critiche, essendo le emozioni difficili da analizzare negli animali, per molti anni le sue teorizzazioni furono accusate di antropomorfismo, essendo gli animali privi dell'autoreferenzialità verbale non si poteva sostenere con fermezza che l'esperienza vissuta da essi si potesse rifare alle emozioni (Ekman, 2009).

In termini scientifici un'emozione viene descritta come una reazione affettiva intensa di breve durata a un evento o stimolo specifico. Per rispondere alla domanda "gli animali provano emozioni?" la risposta è sì, ma c'è un acceso dibattito per quanto riguarda la componente soggettiva di coscienza legata alle emozioni, ovvero la consapevolezza che la modifica di stati fisiologici come l'aumento del battito cardiaco e la sudorazione vengano associate ad esempio alla paura.

Ad oggi le teorizzazioni Darwiniane circa la componente filogenetica e l'universalità delle emozioni sono condivise tra la comunità scientifica; avvalorate dai dati presentati dalle neuroscienze sugli stessi animali circa la comunanza con le strutture sottocorticali che sottendono l'esperienza emotiva come il sistema limbico, l'ipotalamo ed il tronco encefalico (Ledoux, 1995).

A livello storico, un altro contributo fondamentale in quella che è la nostra concezione odierna di emozione è ad opera dell'influente scienziato Wilhelm Wundt che nel 1896 propose una concezione sia modulare che dimensionale delle emozioni, differenziandole sulla base dei loro livelli di piacevolezza e intensità. Secondo Wundt ogni emozione si organizzava all'interno di un modulo, ma questi potevano presentare differenze interne nei termini dimensionali di riguardanti la Valenza e l'Eccitazione.

Tutt'oggi i principali approcci riguardanti lo studio delle emozioni affondano le loro basi in ciò che è stato postulato da Wundt e Darwin, (per una revisione Mendl et al., 2010) e sono:

a) *L'approccio alle emozioni discrete*

b) *L'approccio dimensionale*

a) L'approccio alle emozioni discrete si fonda sulla riconoscibilità di situazioni o test che si ritiene generino uno stato emotivo target dove, tramite la misurazione delle risposte comportamentali e fisiologiche del soggetto, se ne definisce l'emozione. Esso riconosce una serie di emozioni come distinte e innate (vedi ad es. rabbia, disgusto, paura, gioia, sorpresa) con proprietà affettive e meccanismi neurali sottostanti specifici e in parte indipendenti tra loro.

Da tale approccio è stato possibile delineare un ampio e dettagliato corpus di possibili indicatori comportamentali e fisiologici riguardanti emozioni specifiche, soprattutto per gli stati emotivi negativi, con una alta validità ecologica nei contesti naturalistici in cui si identificano le condizioni che suscitano in maniera affidabile un determinato stato.

Tale approccio ha permesso di delineare la "Forma" con cui si definisce un'emozione. Di negativo tale approccio si dimostra spesso frammentato e carente soprattutto nei riguardi degli stati emotivi positivi, con un ampio disaccordo interno relativo ai dati prodotti da differenti test che si prefissano di valutare le stesse emozioni (Forkman et al., 2007; Meagher et al., 2016) mancando nel considerare le differenze interindividuali valutative, dove la stessa situazione potrebbe non comportare le medesime risposte emotive, oltre che di una struttura globale applicabile interspecie.

b) L'approccio dimensionale formula le emozioni in termini di caratteristiche affettive universali (Core Affective) collocate all'interno di uno spazio bi o tridimensionale lungo gli assi di: Valenza (Positiva-Negativa) e Attivazione/Eccitazione (Alta-Bassa).

Secondo tale approccio le emozioni vengono prodotte dalla combinazione tra la posizione nello spazio affettivo e la valutazione dello stimolo.

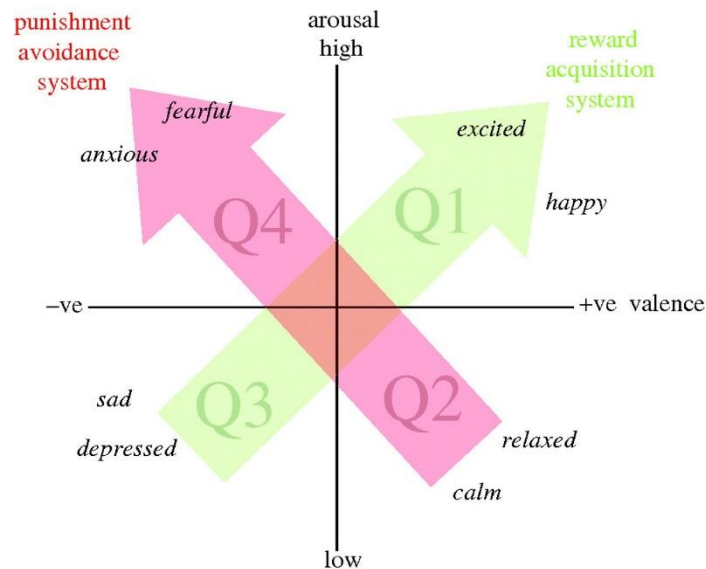


Figura 2 modello basato sull'approccio dimensionale
<https://royalsocietypublishing.org/cms/asset/3cdf5663-fe94-4d72-aac6-22a3829755e1/rspb20100303f01.jpg>

Come è possibile osservare in *Figura 2* gli assi di eccitazione e valenza suddividono il piano in quattro quadranti, nel quale è possibile collocare le emozioni. I quadranti Q1 e Q2 rappresentati nella parte destra riportano gli stati affettivi positivi, mentre nei quadranti Q3 e Q4 rappresentati nella metà sinistra riportano gli stati affettivi negativi.

Tale spazio permette di concettualizzare la struttura delle esperienze emotive soggettive (Mendl et al., 2010). Tale approccio oltre a dare un'impalcatura sulla quale

inserire l'ampio ventaglio emotivo, permette di spiegare le emozioni in chiave evolutiva integrandole all'interno dei sistemi di ricompensa e punizione. I rispettivi sistemi: *Reward acquisition system* (freccia verde) e *Punishment avoidance system* (freccia rossa) mettono in luce le componenti funzionali delle emozioni.

Le risposte emotive a stimoli di natura gratificante (come l'ottenimento di cibo, di un riparo, il ricongiungimento coi compagni) o di natura minacciosa (attacco da parte dei predatori, condizioni climatiche avverse), si sono evolute e specializzate nel corso evolutivo in maniera da permettere all'organismo di usufruirne in maniera rapida, massimizzando i guadagni e riducendo i rischi. In pratica la posizione all'interno dello spazio, pare essere funzionalmente correlata all'esperienza di successo o fallimento nell'evitamento di punizioni o nell'ottenimento di ricompense.

Il principale diverbio interno nell'utilizzo di uno rispetto all'altro approccio risiede nei rispettivi e opposti enunciati circa i fattori scatenanti e le cause. L'approccio dimensionale propone che il *Core-Affect* si combini con le valutazioni contestuali/esperienziali per dar origine a uno stato soggettivo che è possibile descrivere in termini emozioni discrete (Barrett et al., 2007). Mentre l'approccio alle emozioni discrete considera il *Core-Affect* come il risultato di un processo cognitivo ottenuto dall'impatto affettivo delle emozioni discrete (Panksepp, 2007).

Nonostante ciò, attualmente nello studio delle emozioni vi è una grande condivisione per uno stile che incorpori entrambi gli approcci (Ekman, 2016). In quest'ottica il *Core-Affect*, viene postulato come una costante nella relazione tra le emozioni espresse in un momento preciso nel tempo e l'emergere di nuove. Le emozioni discrete appena sperimentate potrebbero causare spostamenti nella posizione di un individuo nello spazio affettivo centrale, ma anche i cambiamenti nello spazio potrebbero rappresentare le cause scatenanti della modulazione di una data emozione. Le due dimensioni rappresentate dalla Valenza e dall'Eccitazione rappresenterebbero dunque una "Valuta Comune" (Mendl et al., 2010) attraverso la quale sarebbe possibile dare rilevanza a determinati stimoli rispetto ad altri.

La caratteristica unificante data dall'utilizzo di questa valuta comune nello studio delle emozioni, concede un termine di paragone nello studio dell'esperienza emotiva su differenti contesti emotivi applicabile su varie specie, oltre alla possibilità di integrare meccanismi causali come la componente di valutazione cognitiva e la tendenza all'azione.

In conclusione la ricerca circa le emozioni si prospetta ancora molto ampia: saranno necessari maggiori livelli di accordo circa le definizioni (eliminando i contrasti rappresentati dagli enunciati di base); aumentare la mole di dati riguardanti le emozioni positive, in maniera da equiparare il campo di indagine che tutt'oggi tende verso il polo negativo; l'integrazione di una lente di ricerca che tenga conto delle differenze individuali durante gli studi sugli animali, integrando quindi il concetto di "tratto"; Infine mettere in luce il tema che rappresenta il vero e proprio vaso di pandora per quello che è sia lo studio che il nostro rapporto con gli animali non umani, ovvero il campo relativo alla componente cosciente che presenta, se non anche in misura maggiore rispetto alle emozioni, fonte di discussione all'interno della comunità scientifica.

Capitolo 2

2.1 Misurare le emozioni negli animali non umani.

La misurazione dello stato emotivo animale è di particolare interesse per i ricercatori in numerosi campi, tra cui la neuroscienza affettiva, la psicofarmacologia, la zoologia evolutiva, la psicologia comparata e l'Animal Welfare.

Il “Gold Standard” attuale in riferimento allo studio delle emozioni negli esseri umani si basa su esperienze self-report, essendo che l'esperienza cosciente di queste non risulta valutabile direttamente.

Tale espediente si presenta inapplicabile per la misurazione delle emozioni in ambito animale, in assenza di ciò si tende durante le analisi a quantificare le emozioni rispetto ad indicatori su base:

- *Neurale*: Lo studio dei substrati neurobiologici relativi all'esperienza emotiva è un campo di analisi, che permette di sondare in tempo reale cosa “avviene” nel cervello. Grazie alle conoscenze funzionali rispetto a neurotrasmettitori come ad esempio la dopamina e la serotonina associati a stati di piacere, e lo studio delle vie nervose che questi percorrono reso possibile dalle recenti tecniche di Imaging Funzionale come la PET e fMRI, è possibile riscontrare lo stato neurobiologico in cui si trova un animale in conseguenza a particolari stimolazioni.
- *Fisiologica*: si basano sulle risposte fisiologiche degli animali. Alcuni esempi sono la frequenza cardiaca, respiratoria, la temperatura cutanea; a livello metodologico è necessario tener conto della possibile influenza che la rilevazione di tali indicatori possano avere sull'animale, pratiche come il prelievo di sangue potrebbero generare stati d'agitazione rispetto ad analisi effettuabili sul pelo, feci ed urina; è importante tener conto dell'andamento temporale di questo tipo di risposte in relazione alle cause scatenanti, prendendo anche in esame le differenze individuali o specie-specifiche riguardanti il momento della rilevazione.

- *Comportamentale*: come misure comportamentali possono essere utilizzate le tendenze all'azione generate da stati emotivi rilevanti (Frijda, 1986). Di base possiamo distinguere i comportamenti osservati come affiliativi o evitanti rispetto a un dato stimolo o condizione, riuscendo a dare una valutazione generale in termini di valenza emotiva espressa (Positiva/Negativa); tramite l'osservazione è possibile indicizzare anche vari comportamenti specifici come il *freezing*, (condizione di congelamento generale dell'animale rispetto, ad esempio, ad una fonte sonora) o lo *startle response* (contrazione muscolare generalizzata). Dalle numerose osservazioni effettuate su una determinata specie è possibile postulare anche indicatori fisionomici-espressivi che ci permettono di effettuare inferenze sugli stati emotivi sottostanti, come la postura, la posizione delle orecchie, i movimenti della coda, l'analisi oculare o tramite l'analisi delle espressioni vocali.

Il Principio alla base della possibilità di effettuare queste misure e allo stesso tempo lo scopo per la quale vengono effettuate, è affinché il profilo di risposte rilevato specifiche per l'emozione target possa essere successivamente utilizzato come prova che l'emozione è presumibilmente presente in quel tipo situazioni. Perché ciò avvenga dunque è necessario partire dal presupposto che un animale provi una determinata emozione se mostra o no cambiamenti neurofisiologici, comportamentali e cognitivi collegabili e coincidenti con l'emozione target, rilevata in una situazione che si presume la induca. Difatti la lettura comportamentale riflette il significato affettivo dato dall'osservatore a determinati eventi, per cui non sempre è possibile trarre conclusioni generali riguardanti la diretta natura dei comportamenti osservati, ragion per cui è opportuno integrare con conoscenze contestuali e individuali dei test presi in esame per non incappare in errore.

Basandoci sulle teorie attualmente presenti come nel quadro riassunto da (Mendl et al., 2010) trattato in precedenza; l'approccio dimensionale delle emozioni permette di effettuare inferenze sul tipo di emozione che andiamo a ricercare. Prendiamo come esempio la paura, basandoci su quello che sappiamo la paura è un'emozione che si piazza lungo l'asse dimensionale Eccitatorio (in alto), e rispetto l'asse legato alla Valenza al lato negativo (a sinistra), attraverso l'analisi dei vari indici (Comportamentali, Neurofisiologici) e dei dati

presenti in letteratura sarà possibile asserire che il contesto sperimentale abbia indotto la paura in quel animale. Ovviamente ogni ricerca contribuisce ad aumentare la letteratura presente, dando la possibilità di tracciare profili emotivi sempre più precisi.

Una modalità di studio etica, riguarda proprio l'indagine sui correlati vocali delle emozioni. A questi riguardi i mammiferi non umani si professano come animali ideali vista la loro vicinanza in termini filogenetici, oltre per quanto riguarda la spontaneità nell'espressione emotiva, presumibilmente più diretta rispetto all'emozione sottostante. I correlati vocali delle emozioni vengono studiati tramite ricerche effettuate in natura o in cattività, e consistono nella registrazione e categorizzazione di diverse vocalizzazioni prodotte in vari contesti con livelli a vari livelli di eccitazione e valenza. La metodologia che utilizza l'osservazione naturalistica, parte dal rilevamento di varie vocalizzazioni provenienti da più contesti, e gli confronta. Ad esempio la struttura delle vocalizzazioni in contesti neutri, rispetto a quelli ad alta eccitazione come ad esempio gli scontri agonistici, permette di individuare i correlati che rispondono all'eccitazione, mentre il confronto tra due casi ad alta eccitazione ma con differente valenza possono darci informazioni sulla struttura dei correlati vocali in base alla valenza.

La metodologia sperimentale prevede invece che gli animali siano posti in particolari condizioni che si presume inducano un'esperienza emotiva target, e se ne registrano le vocalizzazioni prodotte. Le pratiche più comuni riguardo i correlati a valenza negativa con bassa o alta eccitazione, riguardano la separazione completa o parziale rispetto ai propri conspecifici, test di approccio umano o durante pratiche agricole di allevamento. Per quanto riguarda la valenza positiva vengono presi in considerazione situazioni sperimentale come la toelettatura, il gioco, la somministrazione di cibo e il ricongiungimento con altri conspecifici.

In generale, i correlati vocali riguardanti l'eccitazione e la valenza sono stati studiati in diversa misura. I cambiamenti fisiologici dovuti all'eccitazione sono facilmente individuabili (aumento respirazione, aumento battito cardiaco, tensione muscolare) mentre per quanto riguarda gl'indici riguardanti la valenza non si hanno misure fisiologiche facilmente

individuabili.

Sotto questo punto di vista le future ricerche potrebbero analizzare la relazione tra le espressioni facciali e le conseguenze sulle vocalizzazioni: modificazioni nel tratto vocale infatti associate alle espressioni facciali potrebbero fornire indicatori maggiormente attendibili nei riguardi della valenza emotiva. In termini evolutivi i correlati vocali riguardanti l'eccitazione emotiva è molto più probabile che si siano conservati meglio nel corso del tempo, e si presentano più generalizzabili tra le specie (Filippi et al., 2017), rispetto a quelli riguardanti la valenza che parrebbero presentare peculiarità specie-specifiche. I parametri vocali correlati all'aumento dei livelli eccitatori riguardano l'aumento della velocità della vocalizzazione per elemento, della frequenza, del contorno F_0 e dell'intervallo F_0 , oltre il picco di frequenza ed il contorno della formante.

L'aumento dei livelli di Eccitazione si caratterizza quindi da vocalizzi più aspri ad alte frequenze, e prodotti a velocità più elevata. Mentre per quanto riguarda i correlati vocali riguardo la Valenza, vocalizzazioni più brevi sono maggiormente associate a valenze positive, con frequenze più alte, mentre sono associati a valenze negative i correlati vocali che presentano durate più lunghe, frequenze di picco più basse e gamme di frequenze più ristrette.

Riassumendo è possibile affermare che, per quanto riguarda la Valenza la componente della durata dei vocalizzi si dimostra il più attendibile, mentre per l'Eccitazione la velocità di produzione dei vocalizzi e la loro ampiezza. Altre informazioni ci vengono da indici come la frequenza di emissioni, che si potrebbe adattare al tipo di contesto nella quale l'animale è esposto (dominanza/neutro/remissivo) e in ultimo il rumore spettrale può fornire informazioni sulle motivazioni sottostanti le vocalizzazioni: con emissioni rumorose per produrre un arretramento, o tonali per indicare affiliazione e avvicinamento (Janik & Mcgregor, n.d.).

Recenti studi hanno messo in luce le componenti legate all'espressione vocale delle emozioni e la loro generalizzazione tra specie (Faragó et al., 2014; Filippi et al., 2017; Thévenet et al., 2023).

Ad esempio, nel caso di ricerca proposto da (Faragó et al., 2014) a un gruppo di partecipanti

volontari è stato chiesto di compilare un sondaggio sulle vocalizzazioni prodotte da umani e cani.

Dai risultati è emerso che vengono utilizzati gli stessi parametri riguardo ai correlati per definirne i vocalizzi sia umani che animali, evidenziando quanto in quello che è la comunicazione, le componenti emotive rivestano un ruolo fondamentale.

In conclusione, i correlati vocali riguardanti le emozioni, si profilano dunque come una buona misura integrativa e non invasiva di indagine, e, l'approfondimento di questa branca di studi potrebbe portare a rilevare l'esistenza di una base espressiva emotiva comune nei mammiferi (Janik & McGregor, n.d.).

2.2 La Lateralizzazione Cerebrale

Lo studio riguardante la lateralizzazione emisferica della funzione inizia come campo d'indagine limitato alla componente umana: un fenomeno evolutivo adottato dalla nostra specie avente capacità cognitive superiori. Questo sino a circa gli anni '70 dove, analogamente al minor incremento della ricerca che vedeva la lateralizzazione come una prerogativa umana, iniziarono numerosi studi che indagarono il fenomeno della lateralizzazione cerebrale negli animali non umani. Numerose ricerche e studi hanno aderito al movimento prometeo in quest'ambito, alcuni esempi sono ricerche come: (Cantalupo et al., 1995; Rogers & Sink, 1988; Vallortigara et al., n.d., 1999; Vallortigara & Andrew, 1991; Victor H. Denenberg, 1978).

Ad oggi l'attestazione sull'origine biologica di questo sistema sono ormai conclamate da numerosi studi, che ne delineano il carattere evolucionistico all'interno della classe dei vertebrati e in alcuni invertebrati. La ricerca animale ha fornito una grossa spinta verso la comprensione del fenomeno, approfondendo il ruolo della componente genetica ed epigenetica e fornendo informazioni preziose sulle sue origini evolutive, oltre ad articoli che hanno indagato il fenomeno sia a livello individuale che di popolazione, fornendo

informazioni utili riguardo la sua espressione in termini di incidenza statistica (Ghirlanda & Vallortigara, 2004).

Nello specifico per lateralizzazione cerebrale si intendono le asimmetrie emisferiche presenti nella struttura o nella funzione (Bisazza et al., 1998) a cui ne conseguono specializzazioni sia strutturali che di elaborazione di differenti stimoli specifici da parte dell'emisfero destro e sinistro del cervello (Wiper, 2017).

L'elaborazione differenziale si manifesta in termini sensoriali, motori e cognitivi a cui conseguono inclinazioni comportamentali specifiche dovute alla preferenzialità di azione da parte della metà corporea controlaterale emisferica, o come una preferenza direzionale (da Cruz et al., 2023).

Le principali ipotesi avanzate per spiegare l'evoluzione della specializzazione emisferica nei vertebrati sono due: la prima ipotesi suggerisce che tale asimmetria sia guidata dalle specializzazioni nelle strutture di alimentazione, mentre la seconda ipotesi sostiene che essa è dovuta all'evoluzione a due occhi. Le tesi a favore della prima ipotesi provengono dallo studio dell'Anfiosso (*Amphioxus*) (Rogers & Andrew, 2002), un vero e proprio fossile vivente, evolutosi nel periodo Cretaceo presumibilmente intorno ai 95-110 milioni di anni fa, rappresenta una delle specie più vicine rispetto ai primi vertebrati. Nello specifico esso appartiene ai Cefalocordati a singolo occhio. L'Anfiosso presenta un'asimmetria nella sua anatomia di alimentazione durante lo stadio larvale, che non viene persa durante il suo sviluppo nonostante lo spostamento della bocca al centro, difatti le connessioni neurali responsabili del suo comportamento alimentare rimangono legate al lato sinistro del sistema nervoso. Il controllo della risposta alimentare da parte dell'emisfero sinistro si è evolutivamente mantenuto nei vertebrati, come dimostrato in numerosi esperimenti come quello affrontato da (Vallortigara et al., 1998) nei rospi.

Per quanto concerne la seconda ipotesi, basata sull'evoluzione a due occhi, questa suggerisce che la presenza di due occhi consenta una maggiore osservazione dell'ambiente circostante, aumentando la quantità di stimoli da elaborare, oltre al contributo in termini di stabilità permettendo di effettuare movimenti verso o lontano dagli stimoli.

Viene ipotizzata dunque che la maggiore necessità di elaborazione potrebbe essere stata fondamentale nella differenziazione delle specializzazioni emisferiche nel tempo.

Numerosi studi hanno delineato come l'emisfero sinistro possa essere responsabile della categorizzazione di esperienze e stimoli familiari, oltre alla regolazione del comportamento di routine (Cantalupo et al., 1995; Rogers & Sink, 1988; Vallortigara et al., 1999; Vallortigara & Andrew, 1991; Victor H. Denenberg, 1978). Al contrario, l'emisfero destro gestisce l'individuazione e l'azione decisiva in risposta a stimoli nuovi e inaspettati, con tempi di reazione più brevi e comportamenti di fuga più efficienti (Cantalupo et al., 1995; MacNeilage et al., 2009). La differenziazione evolutiva degli emisferi sinistro e destro nei vertebrati sembra essersi sviluppata per consentire una rapida elaborazione di stimoli ecologicamente rilevanti in ambienti sempre più complessi nel corso dell'evoluzione (Wiper, 2017).

La componente della lateralità emisferica presenta in termini evolutivi sia dei costi che dei benefici, a livello comportamentale può portare a dei bias, con azioni stereotipate che potrebbero interferire sulla fitness, essendo che a livello predatorio queste preferenze potrebbero essere sfruttate dai predatori stessi, oltre alla variabilità causale dovuta dall'ambiente, nella quale non sempre lo stimolo si presenta sul lato preferenziale per la sua elaborazione.

A livello di popolazione e a livello individuale questo fenomeno è stato indagato da (Ghirlanda & Vallortigara, 2004) e si è notato che per quanto concerne alla preferenza direzionale le popolazioni si caratterizzano di un 70% circa che si conferma alla norma (tale espediente è utile soprattutto nelle specie sociali), garantendo una risposta comportamentale unisona con tutti i vantaggi dati dalla "maggioranza" che ne conseguono, non scomponendosi dal gruppo ad esempio; mentre il restante 30% circa si conforma di norma in maniera diametralmente opposta. In questi casi si parla di strategie evolutive stabili, e di selezione dipendente dalla frequenza, nel quale i meccanismi di lateralità si evolvono e si sviluppano in base a driver contesto specifici, in relazione non solo all'individuo ma anche a livello di popolazione, facendo luce su come il tratto si sviluppi anche sotto pressioni sociali, date dalla popolazione di riferimento.

Per quanto concerne i benefici, le libertà date dalla lateralità cerebrale sono rilevanti soprattutto a livello strutturale, cognitivo ed energetico. La lateralizzazione consente agli organismi di aumentare la capacità neurale senza dover necessariamente aumentare il volume del tessuto neurale, il che è un processo energeticamente costoso. Inoltre, evita la duplicazione della funzione tra gli emisferi cerebrali, consentendo un'elaborazione più efficiente e simultanea di diversi tipi di stimoli. Questi vantaggi sono evidenti in varie specie, come piccioni e pulcini (Vallortigara et al., 1999), che dimostrano una migliore capacità di discriminazione visiva e comportamenti di ricerca del cibo più efficienti quando utilizzano l'occhio destro, oltre a una maggiore efficienza in termini temporali (Wiper, 2017).

Le specializzazioni emisferiche si dimostrano complementari, con l'emisfero sinistro proattivo, maggiormente adibito al controllo di modelli comportamentali iper-appresi: nell'alimentazione, nella produzione vocale, in ambienti ordinari e familiari, coinvolto nella selezione di segnali che consentono di categorizzare gli stimoli; mentre l'emisfero destro è reattivo, impiegato in risposta a stimoli nuovi o inattesi, nell'analisi spaziale, risultando preferenziale nell'elaborazione di stimoli emotivi, prettamente negativi, con un controllo sulle risposte comportamentali in situazioni di "emergenza".Rogers, 2010).

In breve: "l'essenza della lateralizzazione del cervello risiede nel fatto che un lato del cervello esegue determinati tipi di operazioni computazionali e l'altro lato esegue operazioni computazionali diverse. Di fronte a problemi computazionali complessi, i cervelli potrebbero funzionare meglio se li segregassero in sotto problemi che differiscono in modi tipici"(Vallortigara et al., n.d.).

Le differenze in termini di modalità di analisi si possono tradurre in un bivio di incompatibilità reciproca, dove l'individuo deve scegliere una modalità di analisi rispetto a un'altra. A seconda dei casi una modalità strategica che si basa sugli indizi di non varianza rispetto a precedenti situazioni già apprese (Analisi per invarianza); e una modalità di analisi che invece si basa sugli aspetti contestuali nuovi dell'episodio (Analisi per varianza).

La lateralizzazione emisferica in questi termini risolverebbe un problema di natura computazionale, agevolando una modalità di analisi rispetto a un'altra, meno dispendiosa rispetto alla necessità di una elaborazione parallela (Vallortigara et al., n.d.).

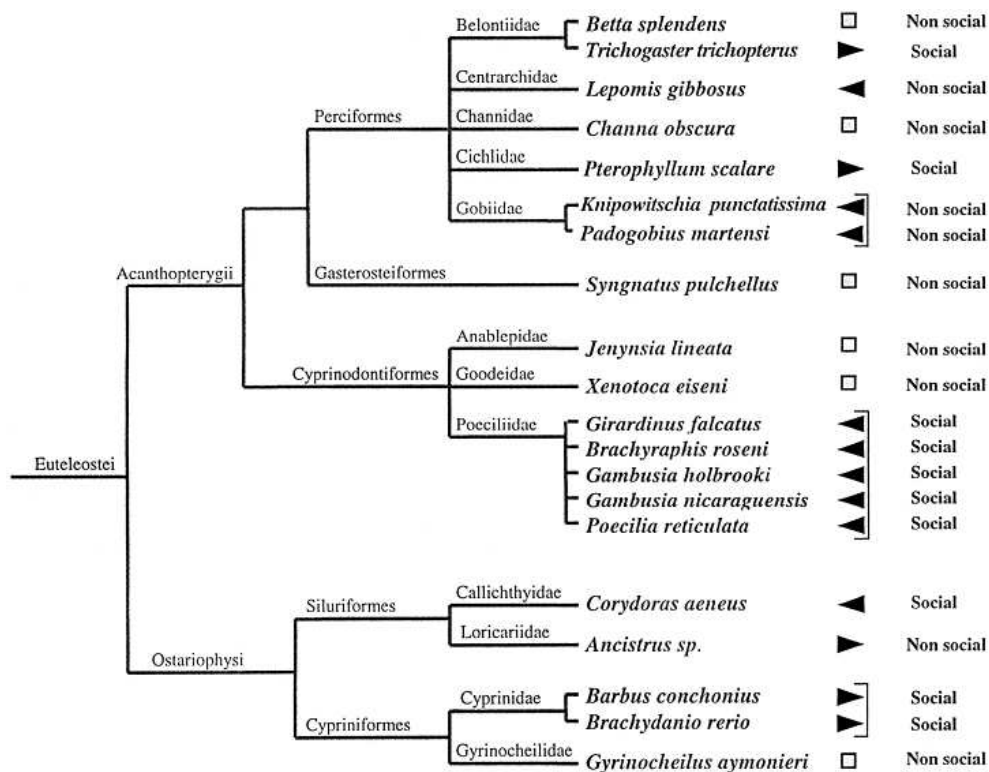


Figura 3 indagine filogenetica sulla lateralizzazione emisferica (Vallortigara et al., n.d.)

Come evidente in figura 3, vi sono numerose correlazioni in termini di preferenza direzionale dovuta alla lateralizzazione in compiti diversi tra specie, ma la preferenza direzionale comune passa in secondo piano rispetto alla compresenza di fenomeni di diversa specializzazione funzionale negli emisferi cerebrali in specie evolutivamente lontane.

Le informazioni filogenetiche riguardo la sua comparsa, e lo studio dei suoi sviluppi nelle varie specie, ci permettono di acquisire importanti nozioni riguardo al fenomeno, contribuendo nella sua valutazione a livello globale integrando i fattori che ne delineano la sua varianza come l'espressione genetica e l'ambiente.

2.2.1 La Lateralizzazione Emotiva.

Come per le funzioni sensoriali, cognitive e motorie, il fenomeno della specializzazione emisferica è stato indagato anche per quanto concerne l'elaborazione di stimoli all'interno dei contesti emotivi.

Uno dei primi studi riguardo questa tipologia di indagine risale a (G. E. Schwartz et al., 1979), che delineò tramite l'elettromiografia facciale, le risposte muscolari nella regione degli zigomi in risposta a domande riflesse e durante espressione facciali volontarie, ottenendo risposte lateralizzate distinte in base alla valenza emotiva. Ciò ha posto le basi riguardo le indagini indirette sull'elaborazione emotiva animale, partendo dal presupposto che ogni emisfero domina il controllo della parte controlaterale del corpo, nell'osservazione comportamentale e nelle risposte fisiologiche ci si aspetterà che per gli stimoli negativi vi sia ad esempio una preferenza per l'utilizzo della parte sinistra del corpo, mentre per quelli positivi una propensione per la parte destra. Gli studi effettuati hanno permesso di confermare tali ipotesi, per una revisione vedere (Leliveld et al., 2013), secondo cui gli stimoli vengono processati in maniera lateralizzata a seconda della loro natura in quasi tutti le classi di vertebrati (fatta eccezione per i pesci) sembrano manifestare un modello di lateralizzazione simile per quanto riguarda l'elaborazione emotiva.

I risultati delle ricerche hanno delineato un modello generale di lateralizzazione emotiva nella quale entrambi gli emisferi sono impiegati, con una prevalenza dell'emisfero destro nell'elaborazione di emozioni associate a connotazioni negative, come la paura e l'aggressività, mentre l'emisfero sinistro domina nell'elaborazione di emozioni connotate positivamente, come quelle legate alle ricompense alimentari (Leliveld et al., 2013). La ricerca in quest'ambito ha permesso l'apporto di un nuovo metodo d'indagine, ecologico e non invasivo, per poter misurare le emozioni negli animali, che si va ad integrare all'interno dell'approccio cognitivo che come descritto in precedenza categorizza le emozioni all'interno di dimensioni quali Valenza ed Eccitazione (Mendl et al., 2010). L'analisi sulla dominanza emisferica in questi termini diventa uno strumento integrativo nella comprensione dei fenomeni di elaborazione emotiva negli animali, e negli ultimi decenni ha

rivestito un ruolo fondamentale in quelle che sono le politiche legate al Animal Welfare. Proprio allo scopo di migliorare il Benessere Animale, oltre agli studi che indagano la componente emotiva a breve termine (Stati emotivi Fluttuanti), che si sono dimostrate utili soprattutto per la comprensione a livello di popolazione, le ricerche si stanno di recente aprendo all'indagine riguardo Stili Affettivi (Stati emotivi Stabili) che mettono in risalto la componente di tratto e permettono di integrare il quadro conoscitivo riguardo la componente soggettiva esperienziale animale, ponendo l'accento sulle differenze individuali.

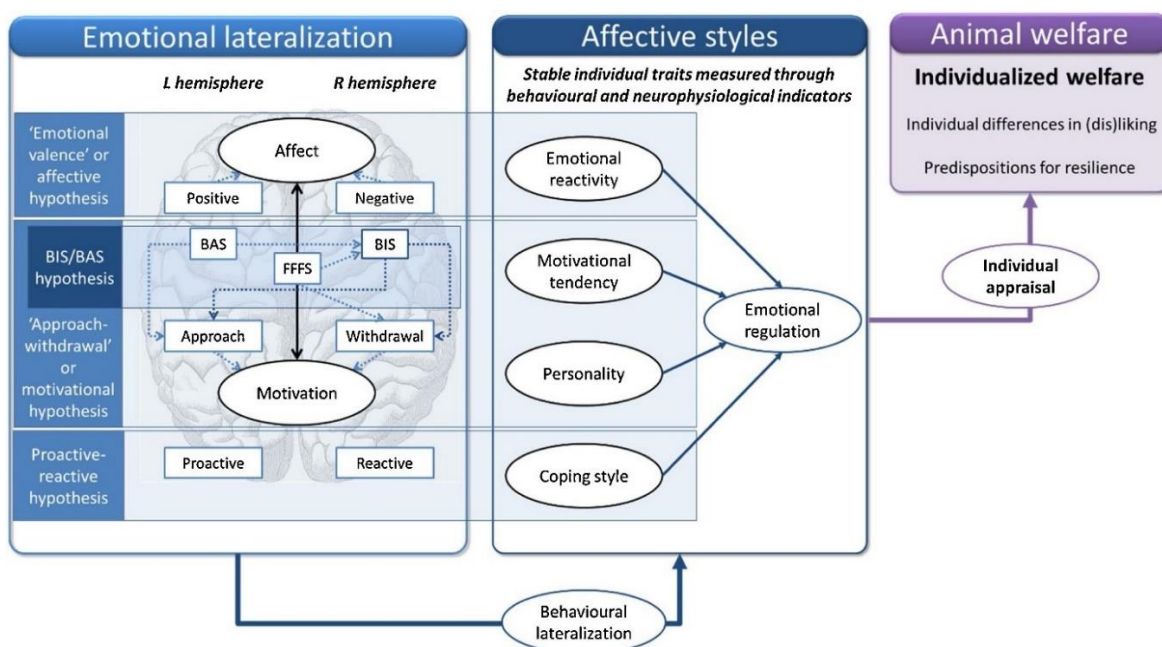


Figura 4 Specchietto illustrativo dei collegamenti tra lateralizzazione emotiva, stili affettivi e benessere animale. R: right; L: left; BAS: behavioural activation system; BIS: behavioural inhibition system; FFFS: fight-flight-freeze system(Goursot et al., 2021).

Le principali teorie ed ipotesi che sono state avanzate finora riguardano:

a) La teoria dell'emisfero destro (Gainotti, 1972; Tucker, 1981; Gainotti, 2019)

Delinea un'implicazione generale da parte dell'emisfero destro per quanto concerne l'espressione e la percezione di stimoli emotivi.

b) Ipotesi della valenza emotiva (Ahern & Schwartz, 1979; Demaree et al., 2005)

Si antepone come un'ipotesi affettiva, suggerendo una preferenzialità di elaborazione degli stimoli in base alla loro valenza emotiva: da parte dell'emisfero destro per le emozioni a valenza negativa, mentre l'emisfero sinistro per le emozioni positive.

c) Ipotesi avvicinamento/allontanamento (Davidson, 1995; Harmon-Jones & Gable, 2018)

Definita anche come ipotesi motivazionale, sottende che vi sia una distinzione a livello di elaborazione emisferica sulla base della tendenza all'approccio o all'evitamento in relazione agli stati emotivi esperiti.

d) Ipotesi BIS/BAS (Sutton & Davidson, 1997)

Questa teoria, si dimostra integrativa rispetto alla teoria motivazionale, delineando tre sistemi neurali distinti coinvolti nella regolazione del comportamento di avvicinamento o di evitamento dovuto spesso a ricompense o punizioni: il sistema di lotta-fuga-congelamento (FFFS), il sistema di attivazione comportamentale (BAS) e il sistema di inibizione comportamentale (BIS).

e) Ipotesi Proattiva/Reattiva (Ocklenburg et al., 2016)

Il modello incorpora le nozioni riguardanti gli stili di coping estremo (ad es., alta vs bassa reattività) e li collega ai distinti modelli nella reazione fisiologica dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (HPA) e il sistema nervoso autonomo (SNA). Poiché l'emisfero destro è coinvolto nella risposta fisiologica allo stress attraverso HPA è stato suggerito che

l'emisfero sinistro controlla i comportamenti proattivi, mentre l'emisfero destro controlla i comportamenti reattivi.

Le origini riguardanti i modelli riguardanti la lateralizzazione emotiva, basate sull'ipotesi dell'emisfero destro, e sull'ipotesi di diversa specializzazione emisferica, iniziano con gli studi su pazienti umani, con deficit dovuti a lesioni o a terapie farmacologiche che implicavano il mal funzionamento da parte di uno dei due emisferi. A questi riguardi l'ipotesi dell'emisfero destro sottende una dominanza generale da parte dell'emisfero destro nella risposta emotiva, e incorpora i modelli che considerano l'emozione come un sistema adattivo multicompenzionale, la cui architettura funzionale si è sviluppata attraverso la filogenesi. Soffermandosi sulla componente adattiva delle emozioni, questo sistema è probabile che si sia sviluppato innanzitutto come risposta ad eventi ambientali improvvisi, che potessero ledere la fitness individuale, dunque in risposta a stimoli prettamente negativi, e successivamente questi si sia evoluto in modelli sociali complessi integrati col sistema cognitivo. Questa differenziazione tra sistema emotivo da una parte e sistema cognitivo dall'altra, è stata analizzata anche nelle componenti anatomiche del cervello come l'amigdala negli umani: (Gainotti, 2019) in base alle ricerche è stata avanzata l'ipotesi che l'amigdala destra fosse maggiormente implicata nell'elaborazione di stimoli emotivi sotto il livello di consapevolezza rispetto all'amigdala sinistra.

Questa teoria risponde bene al carattere adattivo rispetto al sistema emotivo, evidenziando come la percezione e l'espressione emotiva implicano maggiormente l'emisfero destro del cervello.

Per quanto riguarda l'ipotesi della valenza emotiva, essa si è rivelata applicabile a varie specie di vertebrati per i principali contesti emotivi ovvero: paura; ansia; stress; Aggressività; Sesso; Ricompense alimentari; Interazioni sociali positive (Leliveld et al., 2013).

Nello specifico l'emisfero destro si è rilevato dominante nelle situazioni che presentavano un carico emotivo negativo come la paura e l'ansia o l'aggressività; meno significativi si sono dimostrati i risultati riguardo la situazione a carico emotivo positivo, dove fatta eccezione alle risposte legate alle ricompense alimentari (dove si è dimostrata una tendenza lateralizzata sinistra), per le risposte legate al sesso o alle situazioni sociali positive al momento non si

hanno esiti chiari. Ciò può essere dovuto sia per l'ambivalenza emotiva che può presentarsi nella riproduzione, che per la difficoltà nel definire e rilevare una situazione sociale piacevole in un contesto ecologico (per una revisione Leliveld et al., 2013a).

L'ipotesi affettiva condivide molte somiglianze nelle previsioni con le ipotesi motivazionali oltre ad integrare la componente valutativa all'interno dei loro modelli. Analogamente alla distinzione per valenza emotiva, viene proposta una distinzione per tendenza all'approccio o al ritiro a livello motivazionale. Seppur simili, queste due ipotesi prevedono alcune divergenze, se prendiamo il caso della rabbia, essa si prefigge come un'emozione a valenza negativa ma con una tendenza all'approccio rispetto al ritiro. È stato proposto dunque che le due ipotesi siano entrambe valide ma che riflettano diversi livelli cerebrali (Leliveld et al., 2013), in un caso una valutazione per affettività, mentre nell'altro caso concorrerebbero le tendenze all'azione indipendentemente dalla valenza. Queste ipotesi descriverebbero dunque distinti piani di un complesso sistema di elaborazione distribuita.

L'ipotesi BIS/BAS presenta un modello che affina l'ipotesi motivazionale, delineando tre sistemi neurali: Il sistema FFFS, il BAS ed il BIS. Tale ipotesi combina le misurazioni di lateralizzazione emisferica di base con le tendenze motivazionali, presenta dunque accezioni che possono delineare le differenze individuali in relazione alla reattività e nella regolazione emotiva.

Attualmente la ricerca umana ha portato prove a sostegno che il BIS sia regolato dall'emisfero destro, mentre il BAS venga elaborato dall'emisfero sinistro, presentando una correlazione coi punteggi BIS elevati in caso di valutazione negativa (uso emisfero destro) e viceversa.

La pecca di tale ipotesi è che attualmente si rivela come un'ipotesi applicabile solo a livello umano, non essendoci metodi per la misurazione delle differenze individuali nelle tendenze motivazionali negli animali non umani.

In ultimo l'ipotesi proattiva-reattiva prende in esame la risposta fisiologica allo stress, delineando un coinvolgimento dell'emisfero destro attraverso l'asse HPA, suggerendo che questi controlli i comportamenti reattivi, mentre l'emisfero sinistro abbia un controllo nei

comportamenti proattivi (volontari). A questi riguardi (Rogers, 2010) ha concluso che l'osservazione della lateralizzazione comportamentale (ad esempio, le preferenze manuali) potrebbe aiutare a identificare gli individui con una maggiore vulnerabilità allo stress, con implicazioni importanti per il benessere animale (Goursot et al., 2021).

Lo studio riguardante la lateralizzazione cerebrale ha inoltre come pro il fatto di poter essere misurato in maniera relativamente semplice e non invasiva. Essa può essere rilevata mediante semplici osservazioni comportamentali che rispecchiano le espressioni motorie lateralizzate negli animali, come ad es. la posizione delle orecchie, il movimento della coda, la propensione visiva per un occhio, o più in generale la postura corporea. A questo proposito sono stati formulati alcuni test comportamentali come:

- *test di deviazione elaborazione visiva* (Vallortigara et al., 1999)
- *test di rotazione della testa, per l'elaborazione uditiva* (Siniscalchi et al., 2008)
- *paradigma asimmetria di orientamento*

altre tecniche di misurazione della lateralizzazione cerebrale consistono nell'uso di apparecchiature come:

-*Elettroencefalografia (EEG)* (R. J. Davidson et al., 1992)

-*Temperatura della membrana timpanica* (Mazzotti & Boere, 2009)

-*Termografia a infrarossi (IRT)* (Goma et al., 2023)

-*Functional near-infrared spectroscopy* (Gygax et al., 2013)

Nonostante sia d'obbligo un approfondimento riguardo le tecniche di misurazione, la conoscenza sulla lateralizzazione cerebrale si dimostra una componente integrativa di tutto rispetto in quella che è l'osservazione emotivo-comportamentale negli animali. Nello specifico esso ci aiuta a determinare come un animale sperimenta determinate situazioni, ovvero la valutazione che esso ne dà in relazione sia alla sua personalità che al livello di familiarità o controllabilità con l'evento.

Tali conoscenze oltre per il loro valore scientifico, presentano importanti implicazioni riguardanti l'Animal Welfare e sulle misure ad esso associate, soprattutto quando si parla di

animali d'allevamento. Sotto questo punto di vista numerosi studi hanno portato a situazioni sperimentali alternative e spesso discordanti nei risultati attesi.

Prendendone alcuni in esame (Larose et al., 2006) hanno ipotizzato che i cavalli preferiscano essere avvicinati dal lato sinistro, in accordo con la facilità d'elaborazione per situazioni paurose presentata dall'emisfero destro; d'altra parte altri studi come quelli presentati da (Rogers, 2011), affermano che in linea con la scoperta riguardante l'inibizione delle risposte di paura da parte dell'emisfero sinistro, i cavalli sarebbero più rilassati e migliorerebbero l'apprendimento se fossero maneggiati e approcciati dal lato destro.

Altri studi come (Rizhova & Kokorina, 2005) prendono in esame un campione di vacche da latte in allevamento in stalla ed hanno prodotto interessanti risultati sulla base del lato su cui l'alimento veniva somministrato. I dati si sono dimostrati in contro tendenza con la presentazione dell'alimento sul fianco destro (in maniera da attivare maggiormente l'emisfero sinistro legato alle ricompense e alle emozioni piacevoli) con dati che promuoverebbero la presentazione sul lato sinistro dove è stato possibile rilevare sia un aumento della produzione in termini di litri di latte, nonché un aumento dei livelli di fertilità nei mesi a seguire. I risultati però necessitano di essere inseriti all'interno di analisi più globali che tengano conto anche del contesto, difatti, si è notato che la presentazione sul lato destro favoriva la produzione di latte in condizione di alimentazione sfavorevoli, mentre la presentazione sul lato sinistro garantiva le stesse implicazioni ma in condizioni di alimentazione favorevoli.

In conclusione, questi sono solo alcuni esempi che permettono di mettere in luce e soprattutto in discussione le nostre conoscenze attuali riguardo i modelli di lateralizzazione cerebrale emotiva, delle differenze esistenti sia in termini di specie che individuali. Le ricadute a livello di gestione ed interazione animale, soprattutto quando si parla di allevamenti intensivi sono enormi, tali ricerche inglobate all'interno del concetto di Benessere Animale, porteranno sicuramente ad epiloghi positivi, portando a ridurre i contesti negativi espressi a livello animale, oltre a fornire gli strumenti affinché questi possano esprimere al meglio le componenti emotive positive sia in termini individuali che come gruppo.

Capitolo 3

3.1 Obiettivi di ricerca

Questa ricerca si propone di indagare la capacità di bovini di allevamento di riconoscere suoni relativi ad emozioni non linguistiche di origine umana.

Lo studio riprende una tematica di interesse della letteratura specifica, ma si propone di indagare questi aspetti per la prima volta nella specie *Bos taurus*, e di farlo utilizzando un paradigma semplice ed ecologico, basato sulla osservazione di comportamenti spontanei in un ambiente semi-naturale. Verranno utilizzati playback acustici, per verificare se le vacche rispondono in maniera diversa a suoni aventi (per gli umani) valenza emotiva positiva o negativa. Oggetto di studio saranno due principali razze bovine: La Sardo-Bruna e la Limousine.

La ricerca è stata condotta presso l'azienda agricola Sa Raichina F.lli Marratzu in collaborazione con il dipartimento di Psicologia Generale di Padova, l'intero progetto è stato supervisionato dalla professoressa Lucia Regolin, Maria Loconsole e Luigi Baciadonna. Le riprese sperimentali sono state effettuate nel periodo compreso tra Febbraio 2023 e Maggio 2023. In totale sono state effettuate 80 riprese video.

Lo studio si propone di indagare aspetti della cognizione sociale che si possono osservare esclusivamente nell'animale in stato psico-fisiologico ottimale. È solo in tale condizione, infatti, che l'osservazione del comportamento e delle relazioni con l'ambiente (in particolar modo con l'ambiente sociale) possono considerarsi attendibili e generalizzabili. La possibilità di testare gli animali in ambiente semi-naturale durante il loro naturale ciclo di permanenza all'interno dell'allevamento consente di evitare l'introduzione di nuovi animali in un contesto di laboratorio (e dunque ne evita la successiva soppressione al termine delle pratiche sperimentali) e garantisce una elevata affidabilità dei dati raccolti in termini di valore ecologico.

3.1.1 Soggetti sperimentali



Figura 5 Foto delle vacche nel contesto di pascolo e nel set sperimentale.

All'interno di una popolazione di 120 soggetti bovini adulti, tutti allevati allo stato brado, sono stati selezionati 20 bovini (tutti di sesso femminile) rispettivamente 11 appartenenti alla razza Limousine e 9 appartenenti alla razza Sardo-Bruna. Tutti i soggetti godevano di una situazione ottimale di salute. Il range d'età all'interno del campione varia dai 2 anni ai 20 anni (Media 4.8 anni).

I soggetti provengono da due differenti gruppi di pascolo:

- Il primo gruppo è principalmente composto da Sardo-brune, questo campione presenta una alta variabilità in relazione all'età, e un livello di esposizione al contatto umano medio-alto, di seguito vengono riportati i principali dati anagrafici in relazione ai soggetti.

ID	Nome	Età/Razza
1		
01#6966	Calaresa	17/Sardo-Bruna
2		
02#6970	Ischeca	20/Sardo-Bruna
3		
03#4148	Priscilla	2/Limousine
4		
06#4167	Serena	2/Limousine
5		
07#3974	Peppedda	10/Sardo-Bruna
6		
08#7585	Lampadina	6/Sardo-Bruna
7		
09#7154	Cunedda	5/Sardo-Bruna
8		
11#4511	Cunculedda	2/Sardo-Bruna
9		
12#3459	Puzzonedda	8/Sardo-Bruna
10		
13#7175	Immazzinedda	4/Sardo-Bruna

- Il secondo gruppo invece si presenta decisamente standardizzato in relazione all'età, questo gruppo in particolare ha avuto decisamente meno contatti umani rispetto al primo gruppo. Nella tabella vengono riportati i principali dati anagrafici in relazione ai soggetti.

ID	Nome	Età/Razza
11		
14#4453	Pianella	2/Limousine
12		
15#4451	Ispanta	2/Limousine
13		
16#4445	Telledda	2/Limousine
14		
17#4444	Corririzza	2/Limousine
15		
18#4486	Decorosa	2/Limousine
16		
19#4441	Corrisparta	2/Sardo-Bruna
17		
20#4449	Mattone	2/Limousine
18		
21#4442	Ispanedda	2/Limousine
19		
22#4495	Mattonella	2/Limousine
20		
23#4452	Corribianca	2/Limousine

3.1.2 Locali e attrezzature

▪ *Set-Sperimentale:*



Figura 6 Foto riguardanti il set-sperimentale.

Il set sperimentale è stato costituito *ad-hoc* in maniera da poter garantire il controllo ambientale, ma tenendo in considerazione il punto di vista etologico.

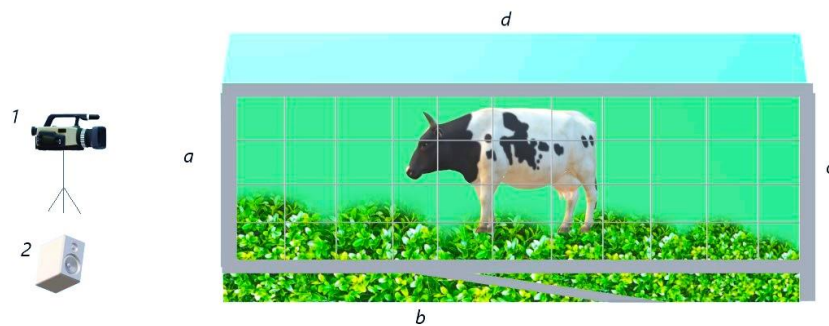


Figura 7 Leggenda: 1: Videocamera; 2: Speaker; a, b, c, d, lati del recinto.

Le dimensioni corrispondono a 6m di lunghezza (lato b,d), per 4,5m di larghezza (lato a, c), lo spazio complessivo interno permetteva un totale di 27m², in maniera tale da garantire la totale e libera espressione comportamentale da parte dell'animale.

I materiali impiegati per la sua costruzione sono tubolari in ferro tondeggianti posti orizzontalmente, supportati da pali in ferro posti verticalmente per dare compattezza alla struttura, ad eccezione del lato d'ingresso (lato a) che presenta una rete dell'altezza di 2m, e di un lato che si costituiva di un muretto a secco, in modo da isolare e schermare i soggetti da fattori esterni intervenienti come altri animali. Le coordinate geografiche corrispondono a 40,1891340, 9,0701330 <https://maps.app.goo.gl/XDyve72Lw5ArvCz3A>, la zona è stata concessa da parte dell'azienda agricola Sa Raichina F.Ili Marratzu, come anche i soggetti test.

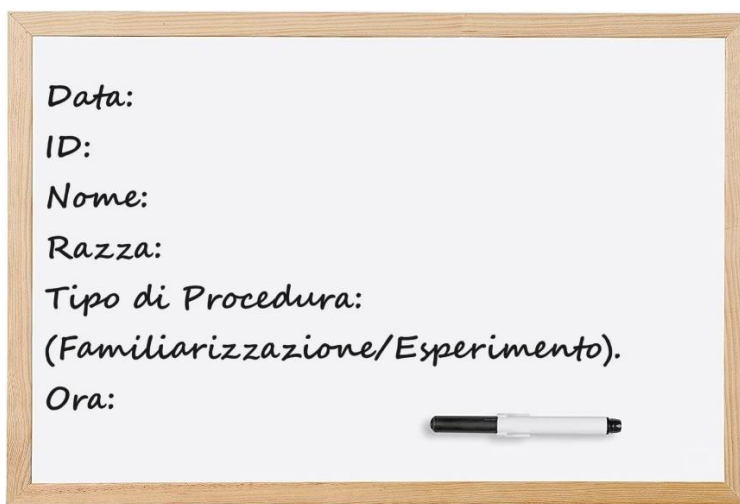
▪ **Attrezzatura:**



Per le riprese video è stata impiegata una videocamera Panasonic HC-V130, posta su un treppiede regolabile all'altezza di circa 1.20m da terra, e ad una distanza di circa 3m dal recinto.



Per la riproduzione delle tracce audio è stata adoperata una cassa W-KING a 100W. Essa è stata posta a circa un metro dal recinto (lato a) in corrispondenza della videocamera ma in maniera da risultare celata rispetto ai soggetti sperimentali.



In ultimo una lavagnetta (40cmx30cm) è stata adoperata per tenere nota dei principali dati all'inizio di ogni ripresa video.

3.1.3 Stimoli

Sono state adoperate un totale di otto tracce audio. Queste riproducono vocalizzazioni umane non verbali appartenenti al genere femminile: a contenuto emotivo positivo (4 stimoli con una risata) e negativo (4 stimoli con un grido). Le tracce audio sono già state precedentemente utilizzate in studi simili a quello proposto in termini di obiettivi (discriminazione di stimoli non verbali umani a diverso contenuto emozionale, Sauter et al., 2010) e di modello animale (animali da fattoria, nello specifico cavalli, *Equus caballus*, Smith et al., 2018). Tramite il software PRAAT (Praat: doing phonetics by computer) gli stimoli sono stati riconfigurati come segue:

- È stata mantenuta la lunghezza del suono originale.
- Ciascuno stimolo è stato composto di 10 secondi iniziali di silenzio (per permettere allo sperimentatore di iniziare il *playback* e allontanarsi dagli *speaker* prima dell'inizio del suono) e seguito da 5 minuti di silenzio.
- Il file è stato normalizzato al 99% di intensità e riprodotto ad un livello di circa 100dB a un metro di distanza dal recinto.

3.2.1 Procedura.

La procedura proposta, già ampiamente utilizzata in studi precedenti su vari animali da allevamento (inclusi i bovini), pone ad un livello minimo lo stress dei soggetti sperimentali. Le possibili fonti di disagio per l'animale sono state attentamente considerate e controllate, qualora presenti la procedura prevedeva di interrompere l'esperimento, con il monitoraggio dell'animale nelle ore successive.

I soggetti sono stati selezionati opportunisticamente, in maniera da evitare stress, sulla base della vicinanza alla zona test. Cibo e acqua sono stati resi sempre disponibili secondo le procedure previste dall'allevamento.

Il test consiste nella presentazione di due tracce audio: una a valenza positiva e l'altra a valenza negativa, con un minuto di pausa tra la presentazione dei due stimoli (in aggiunta ai 5 minuti di silenzio successivi a ciascuna traccia audio). Lo *speaker* è stato mimetizzato tramite una apposita rete di *camouflage* a circa 1 metro dal soggetto. Il *playback* verrà azionato in un momento in cui lo sguardo del soggetto non è direzionato verso lo *speaker*. Ciascuna prova è stata filmata attraverso una videocamera digitale che permetterà lo scoring offline dei dati.

Sono previste due fasi principali, una prima fase di familiarizzazione (divisa a sua volta in due sessioni separate) e una seconda fase di test (divisa a sua volta in due sessioni separate).

Familiarizzazione: Questa prima fase è servita ad abituare gli animali al recinto di test. Il recinto è stato fornito di tutto il materiale richiesto per il test (casce acustiche e videocamera). Ciascun animale è stato condotto singolarmente nel recinto e lasciato libero di esplorarlo per 8 minuti. La procedura è stata ripetuta due volte ad una distanza di almeno un giorno rispetto alla prima. L'intera procedura di familiarizzazione è stata filmata e documentata, prima dell'inizio del video, come nella fase test è stata esibita in camera la lavagnetta con tutte le informazioni anagrafiche principali.

Test: La fase test è avvenuta a una distanza minima di tre giorni rispetto alla fase di familiarizzazione, ciascun animale ha effettuato due test, a distanza minima di tre giorni l'uno dall'altro. La procedura Test comprendeva:

1. L'introduzione del soggetto sperimentale all'interno del recinto;
2. L'avvio della traccia audio designata;
3. Dalla fase 2, si avevano 5 minuti per:
 - i. Far partire la registrazione;
 - ii. Mostrare la lavagnetta alla telecamera con le informazioni rilevanti;
 - iii. Allontanarsi fuori dalla vista dell'animale;

Dopo i primi 5 minuti di silenzio, partiva il primo stimolo (suono A + due secondi di silenzio + ripetizione dello stesso suono A), seguito da un minuto di silenzio e infine dal secondo stimolo (suono B + due secondi di silenzio + ripetizione dello stesso suono B). La fase di registrazione è stata interrotta dopo almeno un minuto rispetto alla ripetizione del secondo stimolo (suono B).

Al termine della procedura, i soggetti sono stati ricondotti fuori dal recinto, in modo da riunirsi al proprio gruppo.

3.2.2 Codifica dei dati.

La codifica dei dati è avvenuta mediante il software Boris(Friard, 2016)

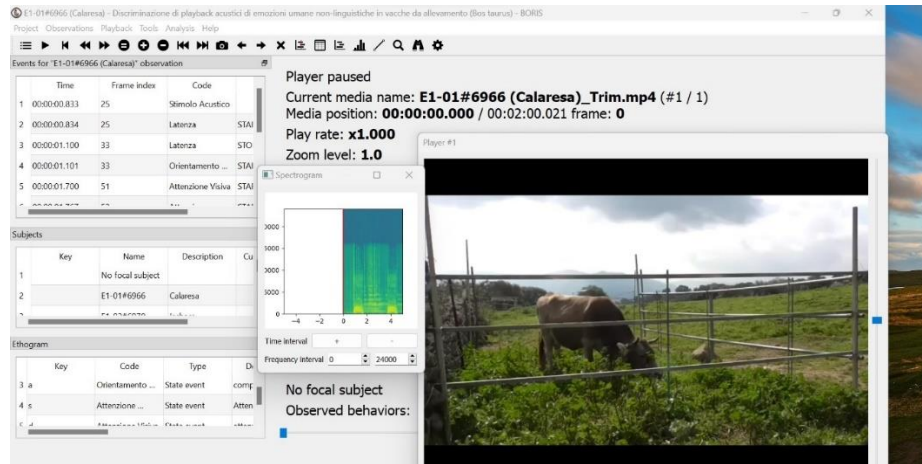


Figura 8 esempio di schermata di lavoro con Boris

L' Etogramma comportamentale è stato composto analizzando le seguenti variabili.

- Stimolo Acustico: (Positivo/Negativo)
- Età: (Anni)
- ID: (codice identificativo soggetto)
- Razza: (Limousine/Sardo-Bruna)
- Ordine: (analisi relativa riguardante l'ordine dello stimolo, I o II suono)
- Latenza: (Tempo di risposta comportamentale rispetto al primo stimolo acustico)
- Orientamento Attentivo: (Tempo di Orientamento Attentivo rispetto alla fonte sonora)
- Attenzione Acustica: (Tempo di permanenza attentiva a livello acustico, padiglioni puntati in direzione della fonte dello stimolo)
- Attenzione Visiva: (Tempo di permanenza attentiva a livello visivo, focus visivo in direzione della fonte sonora)

Capitolo 4

4.1 Analisi statistica e Risultati:

Le analisi statistiche sono state condotte utilizzando i modelli misti lineari generalizzati (*Generalised Linear Mixed-Effect Model*; GLMM, Imer function, lme4 library; (Bates, 2005). I modelli utilizzati per analizzare i dati comportamentali includevano le seguenti variabili dipendenti: latenza, orientamento, attenzione acustica e visiva. Stimolo acustico (Positivo e Negativo), Età, Razza (Limousine e Sardo-Bruna), Ordine di presentazione ed interazione tra Ordine e Stimolo sono stati inclusi come fattori fissi. L'identità delle vacche è stata inclusa come fattore casuale, per controllare le misurazioni ripetute degli stessi soggetti. Le interazioni sono state considerate nel modello completo e riportate solo quando significative. Il modello con il più alto valore esplicativo, prendendo in considerazione il valore più basso di AIC (*Akaike Information Criterion*). La significatività di ciascun fattore fisso per tutti i modelli è stata verificata utilizzando la funzione "drop1" (Barr, 2013)). Per tutti i test, le assunzioni statistiche sono state verificate tramite ispezione visiva utilizzando il pacchetto DHARMA 0.3.3.0 (Hartig, 2020). Non sono state individuate deviazioni importanti dalla normalità a parte per le variabili dipendenti di Latenza ed Orientamento, le quali sono state trasformate in log.

4.1.2 Latenza.

L'analisi della latenza rileva un effetto della razza ($\chi^2_{(1)} = 3.99$, $p = 0.045$; Fig. 9). Le Limousine sono state più veloci nel rispondere agli stimoli acustici (media ed errore standard: 2.06 ± 1.36) rispetto alle vacche Sardo-Bruna (media ed errore standard 15.3 ± 4.37). Tuttavia, la latenza non è stata influenzata dalla valenza dello stimolo acustico presentato (stimolo Positivo media e errore standard: 8.13 ± 3.15 vs stimolo negativo: 7.87 ± 3.16 ; $\chi^2_{(1)} = 0.092$, $p = 0.76$; Fig. 10), né tantomeno dagli altri fattori considerati nel modello: ordine ($\chi^2_{(1)} = 1.27$, $p = 0.25$), età ($\chi^2_{(1)} = 0.005$, $p = 0.94$) ed interazione tra ordine e stimolo ($\chi^2_{(1)} = 0.57$, $p = 0.44$).

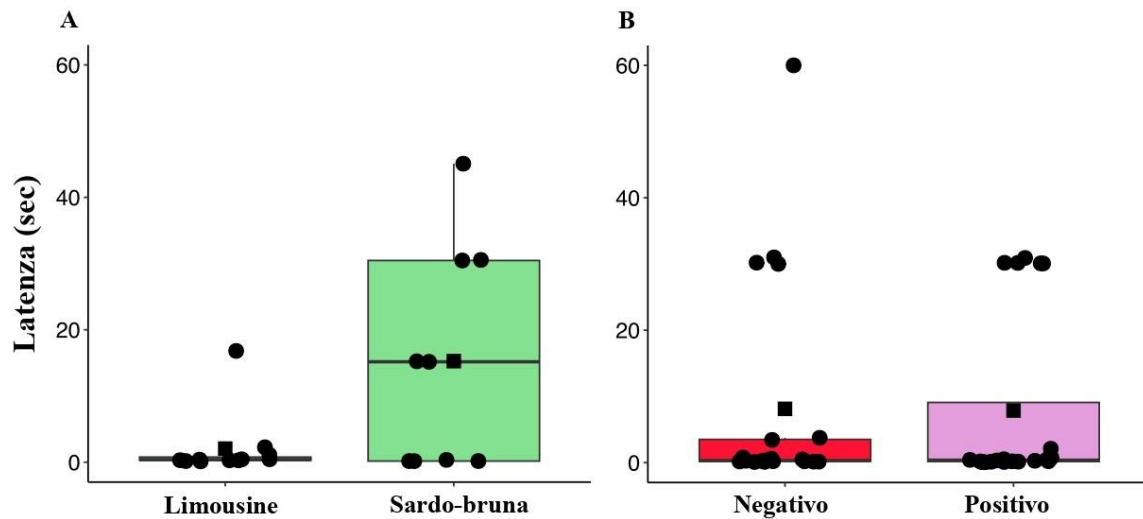


Figura 9 Boxplot A: Latenza di risposta nelle due razze di vacche testate.

I box si estendono dal primo quartile (bordo inferiore) al terzo quartile (bordo superiore).

La linea interna ai box è la mediana (secondo quartile). I baffi corrispondono al valore minimo (baffo inferiore) e al valore massimo (baffo superiore). I cerchi indicano i singoli individui testati. Le due razze di vacche testate hanno tempi latenza differenti ($\chi^2_{(1)} = 3.99$, $p = 0.045$). Le limousine rispondono più rapidamente rispetto alle Sardo-brune;

Latenza Limousine (M= 2.06; SD=± 1.36); Latenza Sardo-Bruna (M=15.3; SD=± 4.3)

Figura 10 Boxplot B: Latenza di risposta per la valenza degli stimoli acustici.

I box si estendono dal primo quartile (bordo inferiore) al terzo quartile (bordo superiore).

La linea interna ai box è la mediana (secondo quartile). I baffi corrispondono al valore minimo (baffo inferiore) e al valore massimo (baffo superiore). I punti neri indicano i singoli individui testati. Sulla base della valenza dello stimolo (positivo/negativo) non sono state riscontrate differenze significative nei tempi di risposta.

Stimolo Positivo (M=8.13; SD=±3.15); Stimolo Negativo (M=7.87; SD=± 3.16); $\chi^2_{(1)} = 0.092$, $p = 0.76$

4.1.3 Orientamento Attentivo.

L'analisi dell'orientamento attentivo rileva un effetto della razza ($\chi^2_{(1)} = 5.71$, $p = 0.016$; Fig. 11). Le Limousine hanno orientato l'attenzione per più tempo gli stimoli acustici (media ed errore standard: 6.54 ± 1.23) rispetto alle vacche Sardo-Bruna (media ed errore standard 4.23 ± 1.70). Tuttavia, il tempo di attenzione non è stata influenzata dalla valenza dello stimolo acustico presentato (stimolo Positivo media e errore standard: 6.65 ± 1.88 vs stimolo Negativo: 4.36 ± 0.87 ; $\chi^2_{(1)} = 0.21$, $p = 0.64$; Fig. 12), né tantomeno dagli altri fattori considerati nel modello: ordine ($\chi^2_{(1)} = 0.34$, $p = 0.55$), età ($\chi^2_{(1)} = 2.47$, $p = 0.11$) ed interazione tra ordine e stimolo ($\chi^2_{(1)} = 1.59$, $p = 0.20$).

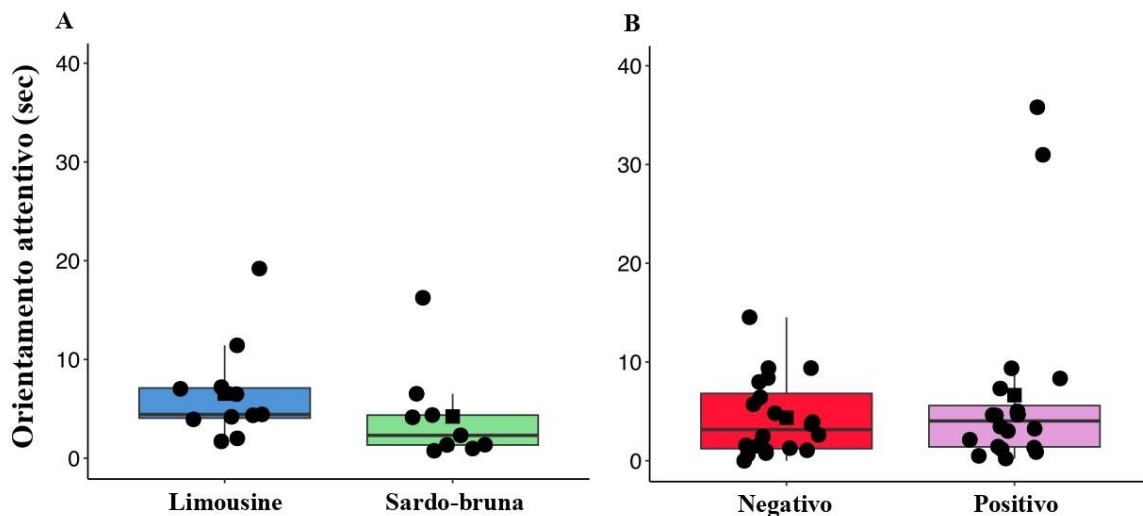


Figura 11 Boxplot A: Tempo di Orientamento Attentivo nelle due razze di vacche testate.

I box si estendono dal primo quartile (bordo inferiore) al terzo quartile (bordo superiore).

La linea interna ai box è la mediana (secondo quartile). I baffi corrispondono al valore minimo (baffo inferiore) e al valore massimo (baffo superiore). I cerchi indicano i singoli individui testati. Le due razze di vacche testate presentano tempi Orientamento Attentivo differenti ($\chi^2_{(1)} = 5.71$, $p = 0.016$). Le Limousine rispondono spendono più tempo rispetto

alle Sardo-brune nell'orientamento attentivo verso la fonte sonora;

Orientamento Attentivo Limousine ($M= 6.54$; $SD=\pm 1.23$); *Orientamento Attentivo Sardo-Bruna* ($M=4.23$; $SD=\pm 1.70$)

Figura 12 Boxplot B: Tempo di Orientamento attenzione per la valenza degli stimoli.

I box si estendono dal primo quartile (bordo inferiore) al terzo quartile (bordo superiore).

La linea interna ai box è la mediana (secondo quartile). I baffi corrispondono al valore minimo (baffo inferiore) e al valore massimo (baffo superiore). I punti neri indicano i singoli individui testati. Sulla base della valenza dello stimolo (positivo/negativo) non sono state riscontrate differenze significative nel tempo di orientamento verso la fonte.

Stimolo Positivo ($M=6.65$; $SD=\pm 1.88$); *Stimolo Negativo* ($M=4.36$; $SD=\pm 0.87$); $\chi^2_{(1)} = 0.21$, $p = 0.64$

4.1.4 *Attenzione acustica.*

L'analisi dell'attenzione acustica rileva una tendenza della razza ($\chi^2_{(1)} = 2.78$, $p = 0.09$; Fig. 13) a rispondere agli stimoli acustici. Le Limousine hanno attenzionato per più tempo gli stimoli acustici (media ed errore standard: 18.3 ± 2.34) rispetto alle vacche Sardo-Bruna (media ed errore standard 10.07 ± 1.84). Tuttavia, il tempo di attenzione non è stata influenzata dalla valenza dello stimolo acustico presentato (stimolo Positivo media e errore standard: 14.6 ± 2.46 vs stimolo Negativo: 15.2 ± 2.01 ; $\chi^2_{(1)} = 0.05$, $p = 0.81$; Fig. 14), né tantomeno dagli altri fattori considerati nel modello: ordine ($\chi^2_{(1)} = 0.95$, $p = 0.32$), età ($\chi^2_{(1)} = 0.46$, $p = 0.49$) ed interazione tra ordine e stimolo ($\chi^2_{(1)} = 0.76$, $p = 0.38$).

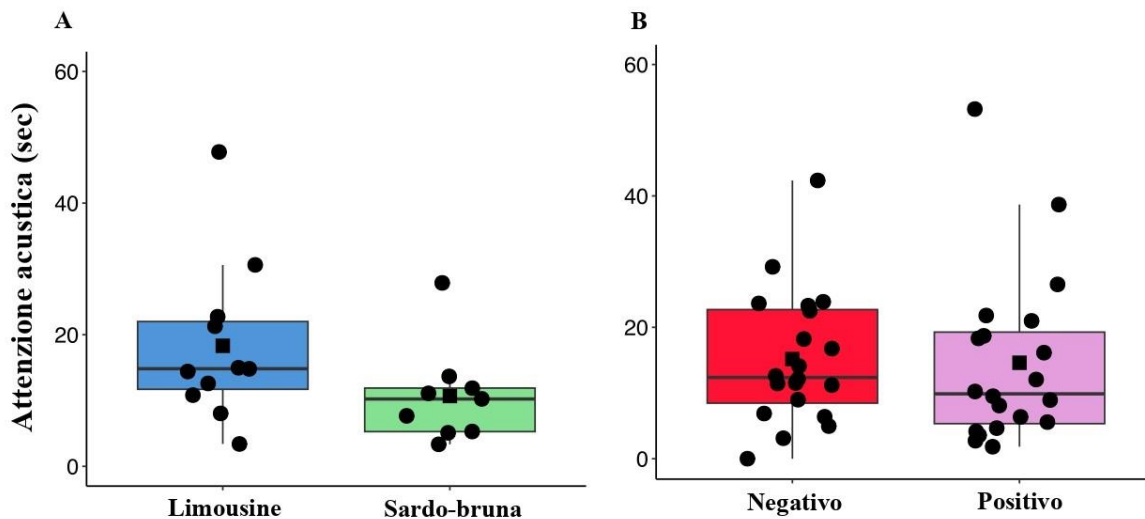


Figura 13 Boxplot A: Tempo attenzione acustica nelle due razze di vacche testate.

I box si estendono dal primo quartile (bordo inferiore) al terzo quartile (bordo superiore).

La linea interna ai box è la mediana (secondo quartile). I baffi corrispondono al valore minimo (baffo inferiore) e al valore massimo (baffo superiore). I cerchi indicano i singoli individui testati. Le due razze di vacche testate presentano tempi di Attenzione acustica differenti ($\chi^2_{(1)} = 2.78, p = 0.09$). Le limousine vigilano a livello acustico in misura maggiore rispetto alle Sardo-brune;

Attenzione Acustica Limousine (M= 18.3; SD=± 2.34); Attenzione Acustica Sardo-Bruna (M=10.07; SD=± 1.84)

Figura 14 Boxplot B: Tempo attenzione acustica per la valenza degli stimoli acustici.

I box si estendono dal primo quartile (bordo inferiore) al terzo quartile (bordo superiore).

La linea interna ai box è la mediana (secondo quartile). I baffi corrispondono al valore minimo (baffo inferiore) e al valore massimo (baffo superiore). I punti neri indicano i singoli individui testati. Sulla base della valenza dello stimolo (positivo/negativo) non sono state riscontrate differenze significative nei tempi di risposta.

Stimolo Positivo (M=14.6; SD=± 2.46), Stimolo Negativo (M=15.2; SD=± 2.01); $\chi^2_{(1)} = 0.05, p = 0.81$

4.1.5 Attenzione visiva.

L'analisi dell'attenzione visiva rileva un effetto della razza ($\chi^2_{(1)} = 4.29, p = 0.03$; Fig. 15) a rispondere agli stimoli acustici. Le Limousine hanno attenzionato per più tempo gli stimoli acustici (media ed errore standard: 16.3 ± 2.32) rispetto alle vacche Sardo-Bruna (media ed errore standard 8.89 ± 1.84). Tuttavia, il tempo di attenzione non è stata influenzata dalla valenza dello stimolo acustico presentato (stimolo Positivo media ed errore standard: 12.6 ± 2.40 vs stimolo Negativo: 13.3 ± 2.04 ; $\chi^2_{(1)} = 1.26, p = 0.26$; Fig. 16), né tantomeno dagli altri fattori considerati nel modello: ordine ($\chi^2_{(1)} = 1.29, p = 0.26$), età ($\chi^2_{(1)} = 2.11, p = 0.14$) ed interazione tra ordine e stimolo ($\chi^2_{(1)} = 0.56, p = 0.45$).

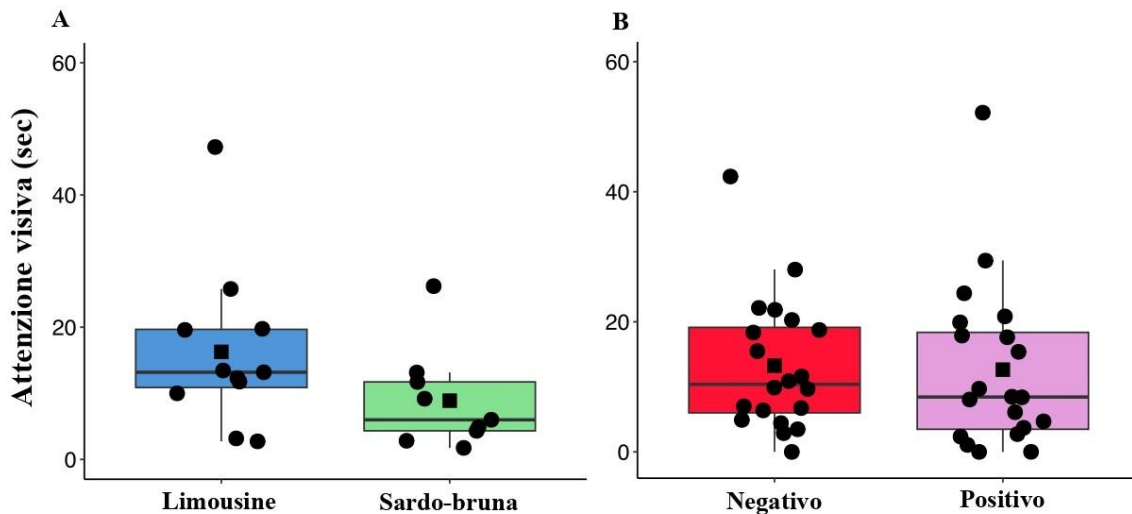


Figura 15 BoxPlot A: Tempo Attenzione Visiva nelle due razze di vacche testate.

I box si estendono dal primo quartile (bordo inferiore) al terzo quartile (bordo superiore).

La linea interna ai box è la mediana (secondo quartile). I baffi corrispondono al valore minimo (baffo inferiore) e al valore massimo (baffo superiore). I cerchi indicano i singoli individui testati. Le due razze di vacche testate presentano tempi di Attenzione Visiva

differenti ($\chi^2_{(1)} = 4.29, p = 0.03$). Le limousine vigilano a livello visivo in misura maggiore rispetto alle Sardo-brune;

Attenzione Visiva Limousine (M= 16.3; SD=± 2.32) Attenzione Visiva Sardo-Bruna (M=8.89; SD=± 1.84)

Figura 16 BoxPlot B: Tempo Attenzione Visiva per la valenza degli stimoli acustici.

I box si estendono dal primo quartile (bordo inferiore) al terzo quartile (bordo superiore).

La linea interna ai box è la mediana (secondo quartile). I baffi corrispondono al valore minimo (baffo inferiore) e al valore massimo (baffo superiore). I punti neri indicano i singoli individui testati. Sulla base della valenza dello stimolo (positivo/negativo) non sono state riscontrate differenze significative nei tempi di risposta.

Stimolo Positivo (M=12.6; SD=± 2.40), Stimolo Negativo (M=13.3; SD=± 2.04); $\chi^2_{(1)} = 1.26, p = 0.26$

4.2 Analisi e correlazioni:

Età per tutte le variabili dipendenti considerate

È stata condotta una correlazione di Spearman per valutare la relazione tra la età delle vacche e le variabili dipendenti considerate. È stata riscontrata una relazione significativa positiva tra età e la latenza di risposta agli stimoli acustici $R_s(18) = .46, p = .043$, (figura 17A), nello specifico i soggetti adulti presentavano maggiori tempi di latenza rispetto ai soggetti più giovani nella risposta agli stimoli. Inoltre, abbiamo riscontrato una relazione significativa negativa tra età ed orientamento attenzione $R_s(18) = -.47, p = .036$, (figura 17B), attenzione acustica $R_s(18) = -.59, p = .006$, (figura 17C) e visiva $R_s(18) = -.61, p = .004$, (figura 17D), nello specifico abbiamo riscontrato che sulla base dell'età i soggetti più giovani tendono a mantenere uno stato di vigilanza attenta sia acustica che visiva maggiore, oltre ad uno maggior tempo speso nella ricerca della fonte sonora.

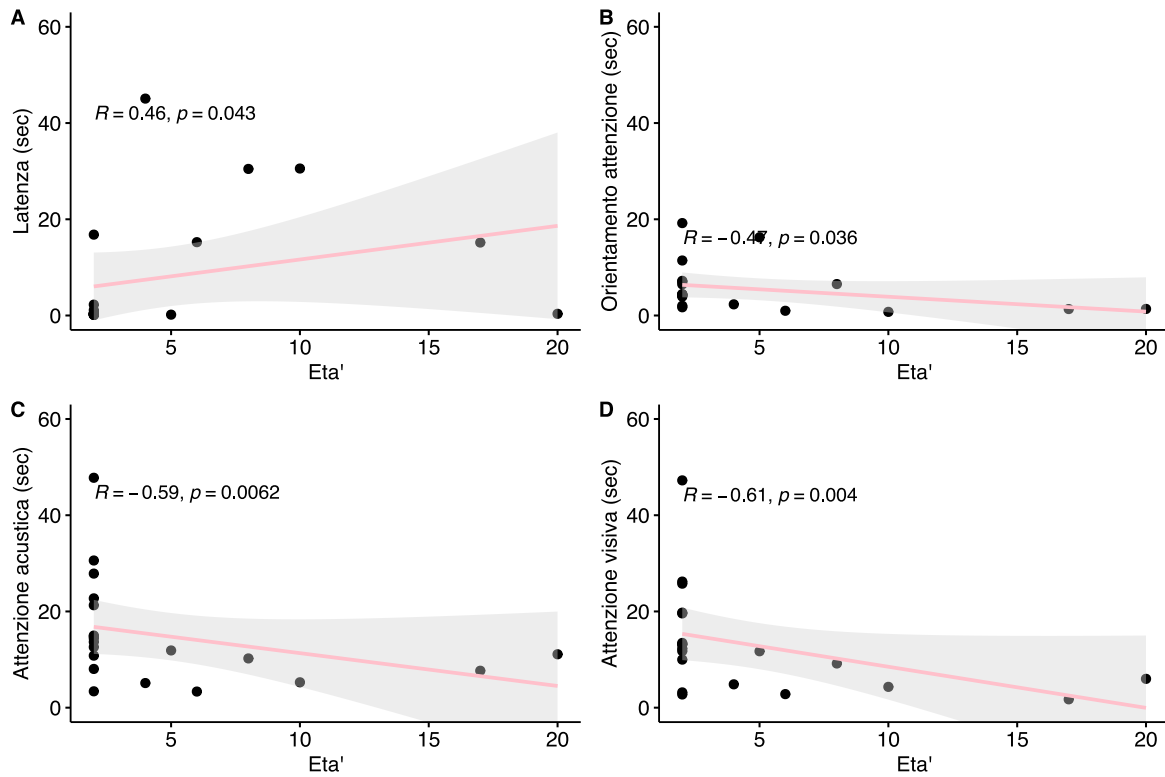


Figura 17 BoxPlot A,B,C,D: Correlazioni tra tempi di Latenza; Orientamento attenzione; Attenzione acustica; Attenzione visiva in relazione all'Età.

Come si evince dal BoxPlot 17A, vi è una tendenza positiva tra Età e tempi di Latenza, dove all'aumentare dell'età si denota un aumento dei tempi di *Latenza* $R=0.46, p= 0.043$.

Nel BoxPolot 17B, vi è una tendenza negativa tra l'età e i tempi di Orientamento Attentivo, dove all'aumentare dell'età si denota una riduzione del tempo speso nell'orientamento nei confronti della fonte $R=-0.47, p=0.036$.

Nel BoxPolot 17C, vi è una tendenza negativa tra l'età e i tempi di Attenzione Acustica, dove all'aumentare dell'età si denota una riduzione dei tempi di vigilanza acustica nei confronti della fonte $R=-0.59, p=0.0062$.

Nel BoxPolot 17D, vi è una tendenza negativa tra l'età e i tempi di Attenzione Visiva, dove all'aumentare dell'età si denota una riduzione dei tempi di vigilanza visiva nei confronti della fonte $R=-0.61, p=0.004$.

Capitolo 5

5.1 *Discussione*

5.1.2 *Presupposti Teorici*

Nel protocollo sperimentale in oggetto allo studio ci si è prefissati di indagare le reazioni comportamentali della specie *Bos taurus*, in relazione a stimoli provenienti da playback acustici di emozioni umane non linguistiche aventi differente valenza emotiva, in un campione di vacche da allevamento.

Per la formulazione di una base teorica solida nel primo capitolo sono state indagate le origini evolutive e i meccanismi riguardanti la comunicazione acustica (Chen & Wiens, 2020) in maniera particolare nei mammiferi, dove si sono analizzate le strutture che permettono l'espressione acustica. Successivamente ci si è concentrati sugli aspetti riguardanti i parametri vocali, mettendo in risalto gl'indici modulari vocali condivisi (Briefer, 2012). Dopo aver introdotto e illustrato lo stato dell'arte riguardante le emozioni (Mendl et al., 2010), nel secondo capitolo si sono approfondite le modalità di indagine riguardo la rilevazione delle emozioni negli animali non umani, tra queste è stata illustrata l'influenza della componente emotiva nelle vocalizzazioni, nello specifico sono stati analizzati correlati vocali riguardanti l'Eccitazione e la Valenza emotiva, e di come i segnali emotivi presenti nelle vocalizzazioni abbiamo il potenziale di presentare analogie tra specie anche lontane. Nel caso degli animali domestici e di allevamento questa componente presenta particolare interesse scientifico, essendo queste specie in contatto diretto con la nostra da molto tempo, è presumibile pensare che in una certa misura, vengano estese le regole dei propri sistemi di comunicazione emotiva per discriminare segnali eterospecifici analoghi (Faragó et al., 2014).

5.2 Presupposti Sperimentali

Numerosi studi hanno indagato la capacità adattiva di discriminazione della componente emotiva nei segnali vocali in varie specie.

Tra questi (Filippi et al., 2017) hanno indagato la capacità umana di distinguere i livelli di eccitazione emotiva nei vocalizzi in tutte le classi di vertebrati, portando dati a favore degli universali acustici comuni tra i vertebrati. In questo senso anche (J. W. Schwartz & Gouzoules, 2022) attraverso i propri studi hanno dato prova della continuità evolutiva della comunicazione testando la capacità umana di riconoscimento dell'eccitazione emotiva nei vocalizzi delle scimmie.

Tale fenomeno è stato indagato anche tra gruppi taxa distanti, come nel caso di (Thévenet et al., 2023) che hanno messo in luce la sensibilità da parte del coccodrillo del Nilo ai livelli di disagio prodotti da playback acustici appartenenti a grida di neonati ominidi (bonobo, scimpanzè e umani) nelle risposte comportamentali, delineando differenti criteri acustici nella valutazione da parte dei coccodrilli, ma con reazioni comportamentali in linea coi differenti livelli di disagio presenti negli stimoli acustici.

Per quanto concerne gli animali domestici e di allevamento (Maigrot et al., 2022) hanno condotto uno studio riguardante la capacità discriminatoria dell'espressione vocale riguardo la valenza emotiva in equidi e suini, rilevando una risposta più marcata alle vocalizzazioni a valenza negativa anche nei casi di vocalizzi appartenenti ad eterospecifici, confermando le loro ipotesi nei cavalli domestici, nei cavalli di Przewalski e nei maiali, ma non nei cinghiali. (Mason et al., 2024) hanno ottenuto gli stessi risultati tramite un paradigma di assuefazione-disabituazione-riadattamento di stimoli acustici umani aventi diversa valenza emotiva nelle capre. (Smith et al., 2018) con un paradigma di studio simile a quello proposto nel progetto di tesi, hanno analizzato le risposte comportamentali nei cavalli sulla base di playback acustici di emozioni non verbali umane, delineando differenze nella reazione in base alla valenza degli stimoli.

5.3 Il nostro studio

Il nostro studio sulla base dei presupposti teorici e sperimentali presenti, ha condotto per la prima volta la ricerca riguardante il potenziale discriminatorio della valenza emotiva nei segnali acustici non verbali umani, nella specie *Bos taurus*.

Le ipotesi inizialmente formulate sulla base di questi presupposti sono tre:

- I. Abbiamo ipotizzato di trovare differenze significative nella reazione comportamentale in base alla valenza dello stimolo presentato.
- II. Abbiamo ipotizzato di riscontrare risposte più marcate (in termini di tempi di latenza e intensità) nei soggetti di età inferiori ai 3 anni, che presentino un minor grado di esposizione all'interazione con esseri umani.
- III. Abbiamo ipotizzato di rilevare alcune differenze sulla base genetica della razza di appartenenza (rispettivamente Limousine e Sardo-Bruna).

	IPOTESI I	IPOTESI II	IPOTESI III
LATENZA	X	X	✓
ORIENTAMENTO ATTENTIVO	X	X	✓
ATTENZIONE ACUSTICA	X	X	✓
ATTENZIONE VISIVA	X	X	✓

Figura 18 Tabella riassuntiva riguardanti le ipotesi iniziali e gli esiti sulla base dei dati analizzati (x=non confermata, v=confermata)

- **I Ipotesi:**

Per quanto concerne la prima ipotesi, abbiamo teorizzato un effetto dato dalla valenza degli stimoli (Positivo/Negativo) nelle risposte comportamentali, ipotizzando di riscontrare risposte più marcate alla presentazione di stimoli negativi (Grida) rispetto all'esposizione di stimoli positivi (Risate). Sulla base dei nostri risultati di analisi ottenuti dal modello non è

stato possibile rilevare alcun effetto dato dalla valenza dello stimolo (Positivo/Negativo) in nessuno dei fattori analizzati (Fig.19).

	Stimolo Positivo	Stimolo Negativo	χ^2, p-value
LATENZA	M=8.13; SD=3.15	M=7.87; SD=3.16	$\chi^2(1) = 0.092$, p = 0.76
ORIENTAMENTO ATTENTIVO	M=6.65; SD=1.88	M=4.36; SD=0.87	$\chi^2(1) = 0.21$, p = 0.64
ATTENZIONE ACUSTICA	M=14.6; SD=2.46	M=15.2; SD=2.01	$\chi^2(1) = 0.05$, p = 0.81
ATTENZIONE VISIVA	M=12.6; SD=2.40	M=13.3; SD=2.04	$\chi^2(1) = 1.26$, p = 0.26

Figura 19 Tabella riassuntiva riguardante i fattori di interazione tra la valenza degli stimoli (Positivo/Negativo) e gl'indici comportamentali analizzati.

- **II Ipotesi:**

Per quanto concerne la seconda ipotesi abbiamo teorizzato un effetto riguardante l'età sulle risposte comportamentali, ipotizzando delle differenze tra i soggetti di età inferiore e superiore ai tre anni. Il gruppo si distingueva di 13 soggetti con età inferiore ai 3 anni (M=2, SD=0) e di 7 soggetti di età superiore ai 3 anni (M=10, SD=6.19). Sulla base dei risultati ottenuti dal modello non è stato possibile rilevare alcuna differenza significativa sulla base dell'Età in nessuno dei fattori analizzati (Fig.20).

Fattore Età per:	χ^2, p-value
LATENZA	$\chi^2(1) = 0.005$, p = 0.94
ORIENTAMENTO ATTENTIVO	$\chi^2(1) = 2.47$, p = 0.11
ATTENZIONE ACUSTICA	$\chi^2(1) = 0.46$, p = 0.49
ATTENZIONE VISIVA	$\chi^2(1) = 2.11$, p = 0.14

Figura 20 Tabella riassuntiva riguardante i fattori di interazione tra l'età e gl'indici comportamentali analizzati.

Si voluto indagare maggiormente all'interno dei dati ottenuti dal modello, presentando una correlazione di Spearman per valutare l'esistenza di una relazione tra l'Età e le variabili comportamentali analizzate. Secondo i dati ottenuti è stata riscontrata una relazione

significativa positiva, tra l'aumento dell'età e i tempi di Latenza, indice di una miglior prontezza di riflessi nei soggetti giovani. Per quanto riguarda i tempi di Orientamento Attentivo, Attenzione Acustica e Attenzione Visiva, è stato riscontrata una relazione significativa negativa, dove all'aumentare dell'età vi era una diminuzione dei tempi di vigilanza attentiva nei confronti della fonte sonora, sia a livello acustico che visivo, oltre a un minor tempo speso nell'Orientamento Attentivo (Fig.21).

Correlazioni tra Età e:	Rs, p
LATENZA	Rs(18) = 0.46, p = 0.043
ORIENTAMENTO ATTENTIVO	Rs(18) = -0.47, p = 0.036
ATTENZIONE ACUSTICA	Rs(18) = -0.59, p = 0.006
ATTENZIONE VISIVA	Rs(18) = -0.61, p = 0.004

Figura 21 Tabella riassuntiva riguardante le correlazioni tra l'età e gl'indici comportamentali analizzati.

- **III Ipotesi:**

In ultima analisi abbiamo teorizzato un effetto dato dalla razza di appartenenza dei soggetti (Limousine/Sardo-Bruna) nelle risposte comportamentali. Sulla base dei dati ottenuti dal modello, ci è stato possibile confermare un effetto della razza in tutti i fattori analizzati (Fig. 21). Sotto questo punto di vista la componente genetica pare abbia giocato un ruolo significativo, denotando una maggior prontezza della razza Limousine nella risposta agli stimoli (Latenza), nel maggior tempo speso nell'orientamento attentivo nei confronti della fonte, e nei maggiori tempi di vigilanza attentiva sia acustica che visiva, rispetto alla razza Sardo-Bruna. La selezione genetica umana, sulla base di qualità quali la facilità di interazione e manipolazione con l'animale potrebbero in questo senso aver giocato influito alla creazione di razze che rispondano maggiormente e più velocemente agli stimoli umani (Jaśkowski et al., 2023).

	Limousine	Sardo-Bruna	χ^2, p-value
LATENZA	M=2.06; SD=1.36	M=15.3; SD=4.3	$\chi^2(1) = 3.99, p = 0.045$
ORIENTAMENTO ATTENTIVO	M=6.54; SD=1.23	M=4.23; SD=1.70	$\chi^2(1) = 5.71, p = 0.016$
ATTENZIONE ACUSTICA	M=18.3; SD=2.34	M=10.07; SD=1.84	$\chi^2(1) = 2.78, p = 0.09$
ATTENZIONE VISIVA	M=16.3; SD=2.32	M=8.89; SD=1.84	$\chi^2(1) = 4.29, p = 0.03$

Figura 22 Tabella riassuntiva riguardante i fattori di interazione le razze dei soggetti (Limousine/Sardo-bruna) e gl'indici comportamentali analizzati.

5.3 Uno sguardo critico

Il nostro studio non ha portato a dati evidenti che ci possono permettere di affermare una discriminazione sulla base della valenza degli stimoli acustici presentati nella specie *Bos taurus*.

Effettuando un confronto critico tra lo studio effettuato da (Smith et al., 2018) coi cavalli e il nostro con le vacche, possiamo denotare delle differenze nei termini della composizione dei playback acustici emotivi. Nel lavoro proposto da Smith e colleghi gli stimoli non si configuravano in maniera distinta solo in termini di valenza (Positivo/Negativo) ma anche in termini di identità di genere (Maschili/Femminili); nel nostro studio sono stati utilizzati unicamente stimoli acustici che presentavano come unica identità di genere il sesso femminile.

L'utilizzo di soli playback acustici emozioni non linguistiche umane, unicamente femminili, potrebbe, nel caso del campione di vacche oggetto studio, aver comportato a delle differenze sostanziali nei termini di abitudine e familiarità rispetto allo stimolo. A livello esperienziale i soggetti sperimentali nel corso della loro vita hanno avuto poche occasioni di ritrovarsi ad aver a che fare con umani appartenenti al sesso femminile, essendo l'attività d'allevamento gestita dall'azienda agricola Sa Raichina unicamente composta da soggetti appartenenti al sesso maschile. Questa mancanza di familiarità nei confronti degli stimoli acustici selezionati

potrebbe aver comportato un'omologazione nella reazione agli stimoli indifferentemente dalla valenza con cui essi sono stati presentati, corroborati anche dalla somiglianza a livello eccitatorio dei segnali proposti (rispettivamente: Grida e Risate). In precedenti studi è stata resa nota la particolare predisposizione nel rispondere maggiormente agli stimoli acustici appartenenti a soggetti familiari, come nello studio effettuato da (Mason et al., 2024) con le capre o di (Galvan & Vonk, 2016) coi gatti, e di come tale familiarità per estensione gioverebbe nella discriminazione dei segnali emotivi vocali più sottili.

Un altro punto critico riguarda le variabili inserite all'interno dell'etogramma comportamentale. Rispetto allo studio di (Smith et al., 2018) non sono state inserite nelle analisi risposte comportamentali di avvicinamento vs allontanamento nei confronti della fonte, vocalizzazioni dei soggetti, indici riguardanti risposte lateralizzate né tanto meno sono state considerate risposte di *freezing* o di *startle response* che potessero essere indicative del tipo di risposta espressa nei soggetti. I livelli riguardanti la velocità di risposta, orientamento attentivo, e di attenzione sostenuta nei confronti degli stimoli acustici potrebbero di per sé non essere sufficienti per testare la variabilità comportamentale in reazione alla differenza di valenza negli stimoli proposti.

Allo scopo di analisi più oggettive per il futuro, l'aggiunta di un indice fisiologico, come ad esempio un cardio frequenzimetro implicherebbe un'ulteriore lente focale nell'analisi dei dati in aggiunta all'osservazione comportamentale.

Alla luce di ciò nel presente studio sarà opportuno innanzitutto introdurre nuovi indici comportamentali all'interno delle analisi come quelli appena presentati, con l'integrazione di misure che tengono conto anche delle differenze individuali riguardanti i soggetti testati come ad esempio il Temperamento, sulla base sia dello storico conosciuto dei soggetti che di una ulteriore valutazione nei riguardi delle videoregistrazioni effettuate durante il contesto di familiarizzazione.

5.2 Conclusioni

Nel contesto della vita sociale dei mammiferi, la produzione e la discriminazione dei segnali emotivi emergono come una componente adattiva di straordinaria rilevanza. Questo processo riveste un ruolo fondamentale nella trasmissione efficiente delle intenzioni sociali e nella condivisione delle informazioni ambientali. Seppur abbastanza recente, l'analisi approfondita di questo intricato sistema offre un'opportunità unica per comprendere le dinamiche sottostanti alle interazioni sociali e alle relazioni sia intra che inter-specie. A livello teorica la presente tesi si è proposta di indagare nel dettaglio il complesso panorama riguardante l'influenza della componente emotiva nella produzione e discriminazione dei segnali vocali nei mammiferi, con particolare attenzione sugli aspetti generalizzabili interspecie.

Sulla base del lavoro sperimentale svolto, questo si presenta come peculiare, essendo il primo studio che si prefigge di sondare le capacità discriminatorie animali nella specie *Bos taurus* ai vocalizzi emotivi umani non linguistici.

Seppur sia stata riscontrata una sensibilità rispetto ai segnali emotivi umani a livello olfattivo nei bovini (Destrez et al., 2021), l'ipotesi principale, ovvero che riscontrassimo differenze significative nelle risposte comportamentali sulla base della valenza degli stimoli acustici non è stata confermata dai dati.

Il presente studio di tesi integrerà misure che non è stato possibile indicizzare in precedenza, con la collaborazione del *team* di ricerca composto dalla dott.ssa Lucia Regolin, dott.ssa Maria Loconsole ed il dottor Luigi Baciadonna. Alcune di queste riguarderanno sicuramente le risposte di affiliazione o evitamento nei confronti della fonte sonora, l'indicizzazione di risposte lateralizzate come i movimenti riguardanti il padiglione auricolare, e le risposte di congelamento.

L'integrazione di informazioni circa le differenze individuali basate sul temperamento di ciascun animale, oltre che una definizione sulla base della loro reazione all'esser rinchiusi all'interno del set-sperimentale sulla base dei video ottenuti durante l'intero processo sperimentale, permetteranno di approfondire la lettura dei dati.

Fiducioso della bontà delle procedure sperimentali effettuate, e del materiale video ricavato, questa ricerca avrà modo di inserirsi all'interno della letteratura scientifica riguardante la sensibilità ai segnali emotivi umani negli animali d'allevamento.

Bibliografia

- Ahern, G. L., & Schwartz, G. E. (1979). Differential lateralization for positive versus negative emotion. *Neuropsychologia*, *17*(6), 693–698. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(79\)90045-9](https://doi.org/10.1016/0028-3932(79)90045-9)
- Barr, D. J. (2013). Random effects structure for testing interactions in linear mixed-effects models. *Frontiers in Psychology*, *4*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00328>
- Barrett, L. F., Mesquita, B., Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2007). The experience of emotion. *Annual Review of Psychology*, *58*. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085709>
- Bates, D. (2005). Fitting linear mixed models in R. *R News*, *5*. <https://doi.org/10.1159/000323281>
- Bisazza, A., J. Rogers, L., & Vallortigara, G. (1998). The Origins of Cerebral Asymmetry: A Review of Evidence of Behavioural and Brain Lateralization in Fishes, Reptiles and Amphibians. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *22*(3), 411–426. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(97\)00050-X](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(97)00050-X)
- Briefer, E. F. (2012). Vocal expression of emotions in mammals: Mechanisms of production and evidence. In *Journal of Zoology* (Vol. 288, Issue 1, pp. 1–20). <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2012.00920.x>
- Cantalupo, C., Bisazza, A., & Vallortigara, G. (1995). Lateralization of predator-evasion response in a teleost fish (*Girardinus falcatus*). *Neuropsychologia*, *33*(12). [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)00043-7](https://doi.org/10.1016/0028-3932(95)00043-7)
- Charlton, B. D., Huang, Y., & Swaisgood, R. R. (2009). Vocal discrimination of potential mates by female giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*). *Biology Letters*, *5*(5), 597–599. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0331>
- Chen, Z., & Wiens, J. J. (2020). The origins of acoustic communication in vertebrates. *Nature Communications*, *11*(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14356-3>

- da Cruz, A. B., Hirata, S., dos Santos, M. E., & Mendonça, R. S. (2023). Show me your best side: Lateralization of social and resting behaviors in feral horses. *Behavioural Processes*, 206. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2023.104839>
- Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. John Murray. <https://doi.org/10.1037/10001-000>
- Davidson, F. R. (1995). Priorities for nutrition interventions in reproductive health: a bilateral agency perspective. *Proceedings of the Nutrition Society*, 54(2). <https://doi.org/10.1079/pns19950005>
- Davidson, R. J., Kalin, N. H., & Shelton, S. E. (1992). Lateralized effects of diazepam on frontal brain electrical asymmetries in rhesus monkeys. *Biological Psychiatry*, 32(5), 438–451. [https://doi.org/10.1016/0006-3223\(92\)90131-I](https://doi.org/10.1016/0006-3223(92)90131-I)
- Demaree, H. A., Everhart, D. E., Youngstrom, E. A., & Harrison, D. W. (2005). Brain lateralization of emotional processing: Historical roots and a future incorporating “dominance.” In *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews* (Vol. 4, Issue 1, pp. 3–20). <https://doi.org/10.1177/1534582305276837>
- Destrez, A., Costes-Thiré, M., Viart, A. S., Prost, F., Patris, B., & Schaal, B. (2021). Male mice and cows perceive human emotional chemosignals: a preliminary study. *Animal Cognition*, 24(6). <https://doi.org/10.1007/s10071-021-01511-6>
- Ekman, P. (2009). Darwin’s contributions to our understanding of emotional expressions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1535), 3449–3451. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0189>
- Ekman, P. (2016). What Scientists Who Study Emotion Agree About. *Perspectives on Psychological Science*, 11(1), 31–34. <https://doi.org/10.1177/1745691615596992>
- Faragó, T., Andics, A., Devecseri, V., Kis, A., Gácsi, M., & Miklósi, Á. (2014). Humans rely on the same rules to assess emotional valence and intensity in conspecific and dog vocalizations. *Biology Letters*, 10(1). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0926>

- Filippi, P., Congdon, J. V., Hoang, J., Bowling, D. L., Reber, S. A., Pašukonis, A., Hoeschele, M., Ocklenburg, S., de Boer, B., Sturdy, C. B., Newen, A., & Güntürkün, O. (2017). Humans recognize emotional arousal in vocalizations across all classes of terrestrial vertebrates: Evidence for acoustic universals. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1859). <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0990>
- Fitch, W. T. (1997). *Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques*.
- Forkman, B., Boissy, A., Meunier-Salaün, M. C., Canali, E., & Jones, R. B. (2007). A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiology and Behavior*, 92(3), 340–374. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.03.016>
- Friard, O. and G. M. (2016). *BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations*. 7.
- Frijda, N. H. (1986). *The emotions*. Cambridge University Press.
- Gainotti, G. (2019). Emotions and the Right Hemisphere: Can New Data Clarify Old Models? In *Neuroscientist* (Vol. 25, Issue 3). <https://doi.org/10.1177/1073858418785342>
- Galvan, M., & Vonk, J. (2016). Man's other best friend: domestic cats (*F. silvestris catus*) and their discrimination of human emotion cues. *Animal Cognition*, 19(1), 193–205. <https://doi.org/10.1007/s10071-015-0927-4>
- Ghazanfar, A. A., Tureson, H. K., Maier, J. X., van Dinther, R., Patterson, R. D., & Logothetis, N. K. (2007). Vocal-Tract Resonances as Indexical Cues in Rhesus Monkeys. *Current Biology*, 17(5), 425–430. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.01.029>
- Ghirlanda, S., & Vallortigara, G. (2004). The evolution of brain lateralization: A game-theoretical analysis of population structure. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(1541). <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2669>

- Goma, A. A., Uddin, J., & Kieson, E. (2023). Lateralised Behavioural Responses in Livestock to Environmental Stressors: Implications for Using Infrared Thermography to Assess Welfare Conditions. In *Animals* (Vol. 13, Issue 23). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ani13233663>
- Goursot, C., Döpjan, S., Puppe, B., & Leliveld, L. M. C. (2021). Affective styles and emotional lateralization: A promising framework for animal welfare research. *Applied Animal Behaviour Science*, 237, 105279. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2021.105279>
- Green, A., Clark, C., Favaro, L., Lomax, S., & Reby, D. (2019). Vocal individuality of Holstein-Friesian cattle is maintained across putatively positive and negative farming contexts. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54968-4>
- Gygax, L., Reefmann, N., Wolf, M., & Langbein, J. (2013). Prefrontal cortex activity, sympatho-vagal reaction and behaviour distinguish between situations of feed reward and frustration in dwarf goats. *Behavioural Brain Research*, 239(1), 104–114. <https://doi.org/10.1016/J.BBR.2012.10.052>
- Harmon-Jones, E., & Gable, P. A. (2018). On the role of asymmetric frontal cortical activity in approach and withdrawal motivation: An updated review of the evidence. In *Psychophysiology* (Vol. 55, Issue 1). <https://doi.org/10.1111/psyp.12879>
- Hartig, F. (2020). DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical Regression Models. *The Comprehensive R Archive Network*.
- Heffner, H. E., & Heffner, R. S. (1968). The evolution of mammalian hearing. *AIP Conference Proceedings*, 1965. <https://doi.org/10.1063/1.5038516>
- Huber, A., Barber, A. L. A., Faragó, T., Müller, C. A., & Huber, L. (2017). Investigating emotional contagion in dogs (*Canis familiaris*) to emotional sounds of humans and conspecifics. *Animal Cognition*, 20(4), 703–715. <https://doi.org/10.1007/s10071-017-1092-8>

- Janik, V. M., & McGregor, P. (n.d.). *Animal Signals and Communication Volume 7 Series Editor*. <http://www.springer.com/series/8824>
- Jaśkowski, J. M., Jaśkowski, B. M., Herudzińska, M., Tul, O., & Ciorga, M. (2023). Contemporary Knowledge on the Assessment of Temperament in Cattle and Its Impact on Production and Reproduction Including Some Immunological, Genetic and Metabolic Parameters. In *Animals* (Vol. 13, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/ani13121944>
- Jorgewich-Cohen, G., Townsend, S. W., Padovese, L. R., Klein, N., Praschag, P., Ferrara, C. R., Ettmar, S., Menezes, S., Varani, A. P., Serano, J., & Sánchez-Villagra, M. R. (2022). Common evolutionary origin of acoustic communication in choanate vertebrates. *Nature Communications*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33741-8>
- Larose, C., Richard-Yris, M. A., Hausberger, M., & Rogers, L. J. (2006). Laterality of horses associated with emotionality in novel situations. *Laterality*, 11(4). <https://doi.org/10.1080/13576500600624221>
- Ledoux, J. E. (1995). *EMOTION: Clues from the Brain*. www.annualreviews.org
- Leliveld, L. M. C., Langbein, J., & Puppe, B. (2013). The emergence of emotional lateralization: Evidence in non-human vertebrates and implications for farm animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 145(1–2), 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2013.02.002>
- Luigia Camaioni, & Di Blasio Paola. (2002). *Psicologia dello sviluppo* (Il Mulino, Ed.).
- MacNeilage, P. F., Rogers, L. J., & Vallortigara, G. (2009). Origins of the Left & Right Brain. *Scientific American*, 301(1). <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0709-60>
- Mason, M. A., Semple, S., Marshall, H. H., & McElligott, A. G. (2024). Goats discriminate emotional valence in the human voice. *Animal Behaviour*, 209, 227–240. <https://doi.org/10.1016/J.ANBEHAV.2023.12.008>

- Mazzotti, G. A., & Boere, V. (2009). The right ear but not the left ear temperature is related to stress-induced cortisolaemia in the domestic cat (*Felis catus*). *Laterality*, *14*(2). <https://doi.org/10.1080/13576500802344420>
- Meagher, R. K., von Keyserlingk, M. A. G., Atkinson, D., & Weary, D. M. (2016). Inconsistency in dairy calves' responses to tests of fearfulness. *Applied Animal Behaviour Science*, *185*. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.10.007>
- Mendl, M., Burman, O. H. P., & Paul, E. S. (2010). An integrative and functional framework for the study of animal emotion and mood. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *277*(1696), 2895–2904. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0303>
- Ocklenburg, S., Korte, S. M., Peterburs, J., Wolf, O. T., & Güntürkün, O. (2016). Stress and laterality - The comparative perspective. In *Physiology and Behavior* (Vol. 164). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.06.020>
- Panksepp, J. (2007). Neurologizing the Psychology of Affects: How Appraisal-Based Constructivism and Basic Emotion Theory Can Coexist. *Perspectives on Psychological Science*, *2*(3). <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2007.00045.x>
- Rizhova, L. Y., & Kokorina, E. P. (2005). Behavioural asymmetry is involved in regulation of autonomic processes: Left side presentation of food improves reproduction and lactation in cows. *Behavioural Brain Research*, *161*(1). <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2005.01.007>
- Rogers, L. J. (2010). Relevance of brain and behavioural lateralization to animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*, *127*(1–2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2010.06.008>
- Rogers, L. J. (2011). Does brain lateralization have practical implications for improving animal welfare? In *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* (Vol. 6). <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20116036>
- Rogers, L. J., & Andrew, R. J. (2002). *Comparative vertebrate lateralization*. Cambridge University Press.

- Rogers, L. J., & Sink, H. S. (1988). Transient asymmetry in the projections of the rostral thalamus to the visual hyperstriatum of the chicken, and reversal of its direction by light exposure. *Experimental Brain Research*, 70(2). <https://doi.org/10.1007/BF00248362>
- Sauter, D. A., Eisner, F., Calder, A. J., & Scott, S. K. (2010). Perceptual cues in nonverbal vocal expressions of emotion. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(11). <https://doi.org/10.1080/17470211003721642>
- Schwartz, G. E., Ahern, G. L., & Brown, S. -L. (1979). Lateralized Facial Muscle Response to Positive and Negative Emotional Stimuli. *Psychophysiology*, 16(6). <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1979.tb01521.x>
- Schwartz, J. W., & Gouzoules, H. (2022). Humans read emotional arousal in monkey vocalizations: evidence for evolutionary continuities in communication. *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/peerj.14471>
- Siniscalchi, M., Quaranta, A., & Rogers, L. J. (2008). Hemispheric specialization in dogs for processing different acoustic stimuli. *PLoS ONE*, 3(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003349>
- Smith, A. V., Proops, L., Grounds, K., Wathan, J., Scott, S. K., & McComb, K. (2018). Domestic horses (*Equus caballus*) discriminate between negative and positive human nonverbal vocalisations. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30777-z>
- Sutton, S. K., & Davidson, R. J. (1997). Prefrontal brain asymmetry: A Biological Substrate of the Behavioral Approach and Inhibition Systems. *Psychological Science*, 8(3). <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00413.x>
- Taylor, A. M., & Reby, D. (2010). The contribution of source-filter theory to mammal vocal communication research. *Journal of Zoology*, 280(3), 221–236. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2009.00661.x>

- Taylor, A. M., Reby, D., & McComb, K. (2010). Size communication in domestic dog, *Canis familiaris*, growls. *Animal Behaviour*, 79(1). <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.10.030>
- Thévenet, J., Papet, L., Coureaud, G., Boyer, N., Levréro, F., Grimault, N., & Mathevon, N. (2023). Crocodile perception of distress in hominid baby cries. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290(2004). <https://doi.org/10.1098/rspb.2023.0201>
- Tucker, D. M. (1981). Lateral brain function, emotion, and conceptualization. *Psychological Bulletin*, 89(1). <https://doi.org/10.1037/0033-2909.89.1.19>
- Vallortigara, G., & Andrew, R. J. (1991). Lateralization of response by chicks to change in a model partner. *Animal Behaviour*, 41(2). [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80470-1](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80470-1)
- Vallortigara, G., Regolin, L., & Pagni, P. (1999). Detour behaviour, imprinting and visual lateralization in the domestic chick. In *Cognitive Brain Research* (Vol. 7).
- Vallortigara, G., Rogers, L. J., & Bisazza, A. (n.d.). Full length review Possible evolutionary origins of cognitive brain lateralization. In *Brain Research Reviews* (Vol. 30). www.elsevier.com/locate/bres
- Vallortigara, G., Rogers, L. J., Bisazza, A., Lippolis, G., & Robins, A. (1998). Complementary right and left hemifield use for predatory and agonistic behaviour in toads. *NeuroReport*, 9(14). <https://doi.org/10.1097/00001756-199810050-00035>
- Victor H. Denenberg, J. G. G. S. D. A. Y. and R. K. (1978). *Infantile Stimulation Induces Brain Lateralization in Rats*. <https://www.science.org>
- Wiper, M. L. (2017). Evolutionary and mechanistic drivers of laterality: A review and new synthesis. In *Laterality* (Vol. 22, Issue 6). <https://doi.org/10.1080/1357650X.2017.1291658>