

Sperimentazioni prospettiche per la manipolazione dello spazio. Il finto coro di Bramante in Santa Maria presso San Satiro

Giorgio Buratti, Giampiero Mele, Michela Rossi

Abstract

La chiesa milanese di Santa Maria presso San Satiro documenta un'integrazione sperimentale tra prospettiva ed architettura nella quale la prospettiva accelerata del coro simula una profondità paragonabile a quella del transetto. L'efficacia dell'inganno prospettico dimostra la qualità della scienza prospettica locale e giustifica la ricerca delle variabili prospettiche, confrontando le ipotesi precedenti alla luce di un rilievo adeguato del coro inserito nell'architettura reale.

La ricerca si basa sulla ricostruzione tridimensionale dello spazio interno dell'architettura virtuale pensata dal Bramante. Partendo da una campagna di rilievo, che ha integrato metodologie dirette con la scansione laser, è stato ricostruito il punto di vista privilegiato attraverso la simulazione digitale dello spazio immaginario dell'architettura bramantesca. Il montaggio di 24 nuvole di punti e la successiva rielaborazione in superfici mesh ha permesso di verificare la precisione della costruzione e di apprezzare alcune anomalie inedite dissimulate dall'apparato ornamentale che rendono difficoltosa la collocazione univoca del punto di vista, in particolare il disassamento del coro rispetto all'asse della navata e altre asimmetrie d'impianto.

La ricostruzione virtuale evidenzia un punto di vista teorico diverso da quelli già ipotizzati e spiega il disegno progettuale che individua la prospettiva solida di San Satiro come il primo modello di scenografia teatrale moderna.

Parole chiave: Bramante, finto coro, prospettiva solida, prospettiva architettonica, spazio illusorio.

Introduzione

La chiesa di Santa Maria presso San Satiro, attribuita a Donato Bramante su base documentale, è nota per la prospettiva accelerata del coro che evoca una profondità paragonabile a quella del transetto per simulare uno spazio a croce latina. Essa è il primo eccezionale esempio di integrazione tra prospettiva e architettura.

Il Bramante, già detto "il Prospettivo", consolidò la sua fama con questo artificio spaziale che trasformò la prospettiva da rappresentazione razionale dello spazio in inganno percettivo. Un apparato prospettico in legno e stucco incassato nel muro di fondo trasforma uno spazio esiguo nell'illusione di un coro con una volta a botte cassettonata che prolunga la decorazione pittorica della navata. La croce commissa della pianta diventa una croce

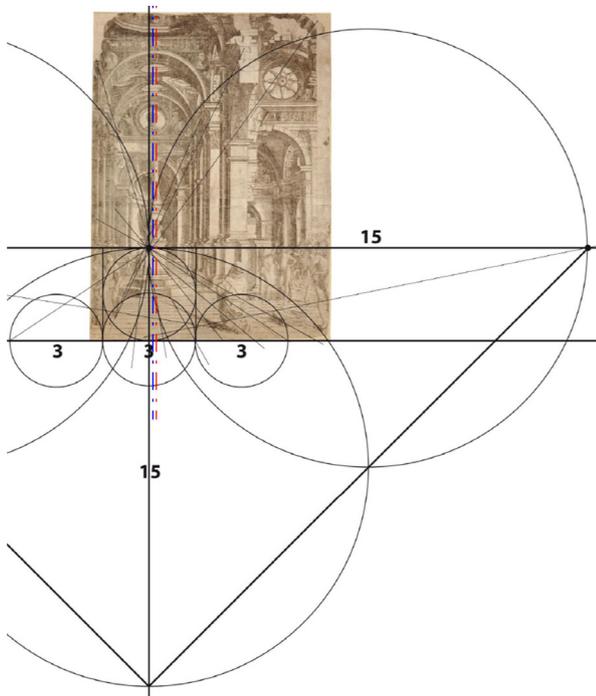
latina con un'operazione letta come un preludio alla pianta centrale. L'uso della prospettiva con un intento estraneo alla sua concezione primitiva di "misura" matematica dello spazio aprì la strada alle applicazioni scenografiche e alla decorazione degli interni con la quadratura.

Come molte altre chiese mariane del Rinascimento, per lo più a pianta centrale, la costruzione è legata ad un evento prodigioso [Lotz 1955] avvenuto nel luogo del sacello di San Satiro, fratello di Sant'Ambrogio, ed eretto prima dell'879 da Ansperto, arcivescovo di Milano [Buratti 1992, pp. 9-24]. Secondo la tradizione, nel 1442 l'immagine della Madonna con Bambino venne profanata da una pugnalata e sanguinò; il luogo divenne meta di pellegrinaggi e Ludovico Sforza approvò la costruzione di una nuova chiesa, co-

struita fra il 1478 e il 1482 [Dalai Emiliani 1980]. Bramante, per mancanza di spazio, realizza il coro in prospettiva solida. L'immagine della parte terminale della chiesa reinterpreta il modello della *Trinità* di Masaccio con una rielaborazione inedita definita "mirabile" dai contemporanei. L'idea di portare lo stacciato di Donatello a scala reale per visualizzare uno spazio diverso da quello costruito era nuova e divenne il modello della scenografia teatrale che forzata a contrarre lo spazio della scena ne definirà il principio teorico [Baglioni, Salvatore 2017].

La soluzione ha spinto molti studiosi ad occuparsi della chiesa e della sua prospettiva con la formulazione di ipotesi che indicano il punto di vista in posizioni diverse. La prima è quella di Arnaldo Bruschi [Bruschi 1969, pp. 745-750], ripresa da Filippo Camerota [Camerota 2006, p. 247, 248], che individua l'altezza del punto di vista a 2,60 m e

Fig. 1. Schema incisione Prevedari: il punto di vista disassato di 1/2 modulo evidenzia i piani di profondità sfalsando gli elementi lungo l'asse (elaborazione grafica degli autori).



fissa la distanza dell'osservatore in rapporto aureo con la larghezza del quadro, definito dall'ampiezza della campata. L'ipotesi sembra basata su una ricostruzione grafica arbitraria della geometria del coro perché non è sovrapponibile ai rilievi precedenti che sono risultati corretti. La seconda è quella di Eros Robbiani [Robbiani 1980], citato da Rocco Sinisgalli [Sinisgalli 2001, p. 264], che fissa il punto principale all'altezza di 2,10 m con l'osservatore sul limite della prima campata, equivalente a circa 13,90 m dal quadro ma anche in questo caso il disegno pubblicato non è sovrapponibile al rilievo.

La differente altezza del punto di vista sorprende. Infatti coincide con il punto di concorso delle rette che simulano la profondità del finto coro, che si può ricavare dalla restituzione dell'alzato del finto coro dei due rilievi precedenti [1]. Questi sono sovrapponibili tra loro e coerenti con il rilievo attuale. Nessuna ipotesi ha seguito il rilievo strumentale pubblicato da Adele Buratti nel 1992, più attento alla struttura della chiesa e al paramento della facciata che all'articolazione del coro, solo accennato in sezione [2]. Gli altri autori che hanno studiato la chiesa non hanno fatto indagini prospettiche e/o riferimenti all'esistenza di ipotesi diverse da quelle citate.

Entrambe le teorie fissano il punto di vista a una quota più alta di quella descritta dalla trattatistica, che l'Alberti misura in 3 braccia fiorentine, corrispondenti a circa 1,75 m, paragonabile all'altezza dell'occhio di un uomo di buona corporatura. Robbiani si preoccupa di giustificare l'altezza eccessiva con un'analisi circostanziata delle analogie con la prospettiva dell'incisione Prevedari [3], nella quale l'orizzonte è alto se viene riferito all'occhio di una figura inginocchiata, meno per le altre (fig. 1). L'incisione mette in luce un leggero disassamento del raggio principale rispetto al centro della crociera, sottolineato dalla presenza di un monumento, per effetto del quale i centri di simmetria principali non sono allineati con la prospettiva, come sembra succedere anche nella chiesa milanese per effetto del disassamento dell'asse e dell'asimmetria del coro che emergono dal rilievo eseguito.

Alla verifica le due ipotesi sembrano incentrate su restituzioni grafiche arbitrarie, basate su una ricostruzione della geometria viziata da un pregiudizio simbolico con il punto principale al centro del tabernacolo o forse su una fotografia presa da un punto di vista alto, che come può essere verificato, alzerebbe il punto di convergenza dei cassettoni della finta volta. Nessuno degli autori sembra avere fatto un rilievo misurato.

L'importanza che l'esempio bramantesco ha avuto nello sviluppo della scienza prospettica giustifica quindi un nuovo studio del finto coro, basato su un rilievo accurato dell'intera architettura, per verificare la posizione del punto di vista privilegiato della prospettiva con strumenti adeguati alla complessità dell'oggetto.

L'architettura, simulazione e costruzione

La ricerca ha perseguito l'individuazione del punto di vista privilegiato dalla ricostruzione virtuale dell'ipotesi progettuale consolidata, secondo la quale il coro simula la profondità del transetto. La ricostruzione digitale dello spazio immaginario dell'architettura bramantesca è stata ricavata dalla rielaborazione di un modello teorico dedotto dal rilievo strumentale con tecnologia laser [4] (fig. 2), nell'ambito di un progetto di ricerca nazionale dedicato alla prospettiva architettonica [5].

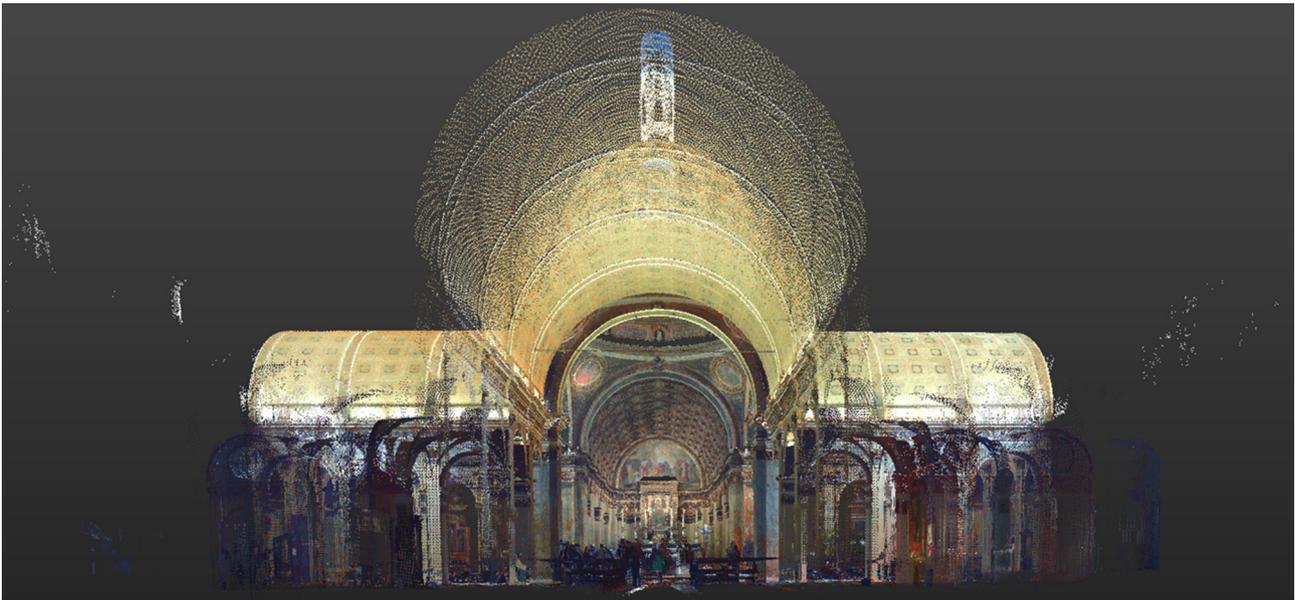
L'ipotesi era quella di ricostruire il modello teorico dell'abside virtuale utilizzando la scansione di un braccio del transetto per collimare i punti cospicui del coro prospettico e

determinare il punto di vista sull'asse longitudinale individuato dalla raggera dei cassettoni della finta volta, cercando i riferimenti riconoscibili nella sovrapposizione fotografica alla nuvola di punti direttamente sul modello *mesh*, senza passare attraverso un modello geometrico discretizzato.

Le scansioni tridimensionali forniscono dati cospicui e precisi, ma le nuvole di punti non costituiscono un modello tridimensionale immediatamente disponibile all'analisi geometrica della prospettiva accelerata, basata sulla collimazione dei punti reali del finto coro con quelli del modello ideale. Pertanto è stato necessario trasformare la nuvola di punti in un modello *mesh* [6], il cui livello di dettaglio fosse un compromesso tra la gestibilità computazionale della complessità del modello e la precisione richiesta dalla ricerca, con una densità poligonale elevata nel coro e meno per il resto dell'architettura (fig. 3). La sovrapposizione dei pixel fotografici resi disponibili dalla stessa scansione con nuvola con dato colore alla *mesh* rielaborata è stata fondamentale per individuare i punti cospicui da collimare anche dove la densità era minore.

Nella restituzione si è scelto di privare le superfici dalle pitture decorative, ottenendo un modello "neutro" che per-

Fig. 2. Nuvola di punti della scansione laser dell'interno della chiesa (elaborazione: Compagnia delle Misure).



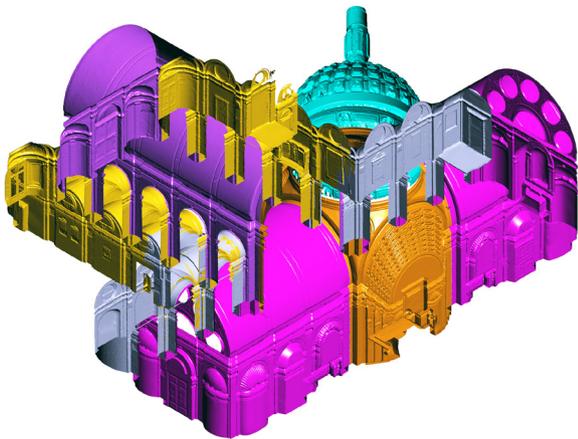
mettesse una lettura oggettiva e puntuale dell'articolazione plastica delle strutture murarie, per mettere in evidenza e facilitare lo studio delle caratteristiche geometriche e delle eventuali anomalie.

Sia la verifica delle ipotesi precedenti che la ricerca del punto di vista si basano sui dati forniti da un rilievo digitale accurato, integrato dal rilievo diretto degli elementi principali, che fornisce un'indicazione immediata e utile a individuare le tolleranze da osservare (fig. 4).

I passaggi salienti sono stati:

- il montaggio delle 24 nuvole di punti prodotte dalle scansioni necessarie al rilievo dell'interno della chiesa;
- la rielaborazione del modello *mesh* con la ricucitura delle lacune nelle zone d'ombra;
- la restituzione del rilievo diretto e la sua sovrapposizione alla sezione orizzontale della nuvola con la verifica degli "errori" di costruzione;
- la verifica della corrispondenza geometrica rispetto agli assi per l'individuazione delle anomalie costruttive;
- l'individuazione dei punti di collimazione della prospettiva solida con il coro virtuale;
- l'individuazione della retta del raggio principale [7];
- la costruzione del coro virtuale con la lunghezza del transetto, secondo il modello progettuale teorico;
- la definizione dell'intorno di intersezione delle rette di collimazione;

Fig. 3. Modello *mesh* della chiesa elaborato ottimizzando la nuvola di punti per la ricostruzione del coro (elaborazione grafica degli autori).



- il confronto di verifica con la griglia di riferimento basata sull'unità metrica della costruzione.

Il rilievo diretto ha evidenziato la regolarità metrica nella scansione ritmica della navata e del transetto, con una differenza di 2 piedi milanesi nella loro larghezza e il conseguente "allungamento" della crociera, sovrastata da una cupola appoggiata su un cornicione ovale.

Il rilievo strumentale ha confermato questa precisione costruttiva di base, accompagnata però da alcune importanti anomalie costruttive dissimulate dall'apparato ornamentale:

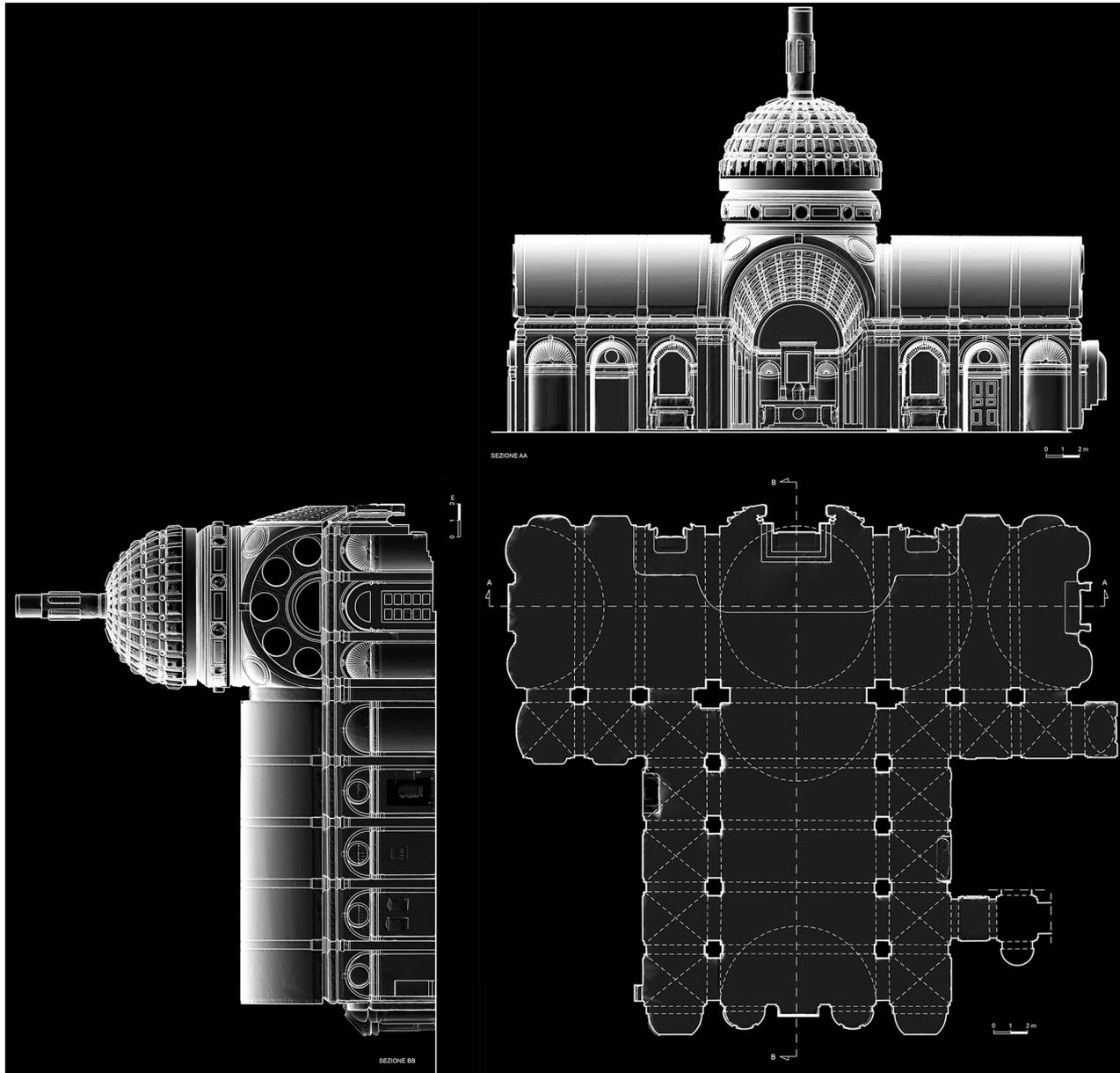
- il disassamento della navata rispetto al coro;
- il diverso disassamento della crociera rispetto a navata e coro a causa della leggera deviazione del transetto;
- una marcata quanto inavvertita asimmetria del coro e delle paraste che definiscono il quadro;
- la base circolare della cupola, emisferica, dissimulata dall'oggetto del cornicione ovale inserito nella pianta trapezoidale della crociera.

La maggiore larghezza del transetto, già apprezzabile nella nuvola di punti per l'impossibilità di collimazione delle rette di profondità della navata con quelle del coro, e la leggera deviazione del suo asse rispetto alla perpendicolare a quello della navata, sono dissimulate dalla diversa sporgenza del cornicione del tamburo sui due assi e dal rialzamento di un piede del centro degli archi e della volta della navata e del finto coro per mantenere i cervelli alla stessa quota (fig. 5, fig. 6).

La finta volta è divisa in 10 lacunari con l'imposta in corrispondenza della cornice lineare, più bassa del diametro. Sviluppate sulla circonferenza direttrice le formelle risultano 19, come conseguenza del rialzamento dell'arco stesso e della scelta di posizionare in chiave la cornice al posto della patera, come fa Alberti nel Sant'Andrea di Mantova, diversamente dagli esempi pittorici sul modello della Trinità di Masaccio. Questa soluzione contraddice la consuetudine costruttiva della volta cassettonata, ma permette di avere le cornici del coro ligneo in corrispondenza dei falsi capitelli, evitando il taglio dei lacunari e di allineare la cornice corrispondente al cervello con il concio in chiave dell'arco della crociera, sottolineando l'asse per ottimizzare l'inganno prospettico. Al contrario i finti cassettoni dipinti che decorano la volta della navata riprendono il modello pittorico, con un'inversione di ruoli tra realtà e finzione (fig. 7).

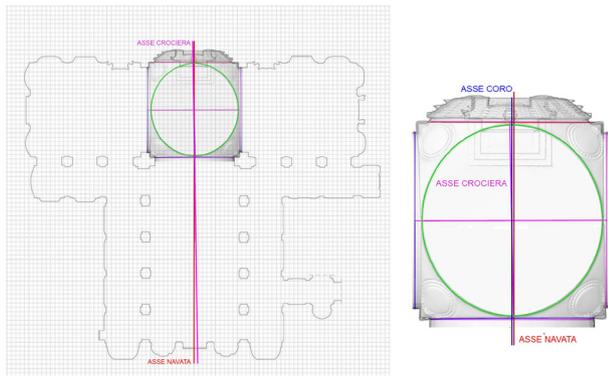
Il rilievo laser sottolinea anche l'asimmetria del coro, il cui asse verticale risulta spostato di 5 cm tra il quadro (assunto sul piano avanzato e il fondo) e il disassamento dei due archi della crociera sulla navata di circa 16 cm, che rende

Fig. 4. Rilievo dello stato di fatto, restituzione delle sezioni significative. Disegno degli autori (elaborazione grafica degli autori).



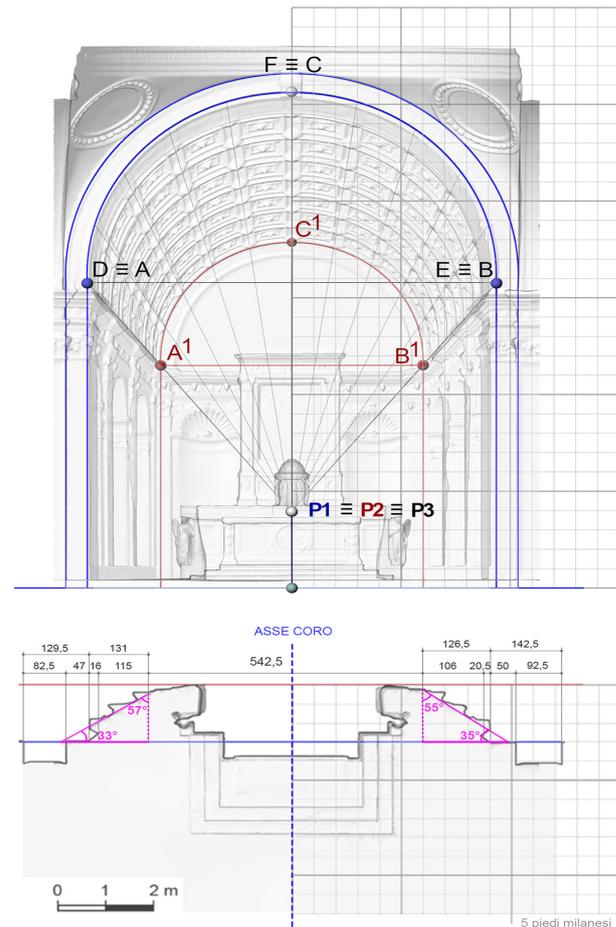
difficoltosa la determinazione univoca della distanza principale tra le due metà, mentre la larghezza differente non permette la ricostruzione diretta del coro virtuale dalla scansione del transetto, forzando al riadattamento della navata. L'asimmetria del coro si palesa nella collimazione tridimensionale dei punti cospicui del coro con la sua architettura virtuale, ricostruita a partire dalla navata per la differente larghezza del transetto, che ha evidenziato l'irregolarità geometrica nella diversa intersezione dei raggi visuali con l'asse della navata nelle due metà. La deviazione a sinistra richiama nelle proporzioni quella già evidenziata dell'incisione Prevedari. Questa asimmetria, dovuta ad una differenza di 2 gradi nell'angolo tra lo zoccolo che definisce i due piani di profondità e il quadro, sposta a sinistra la loro intersezione nel punto di vista, rendendone difficoltosa la determinazione. Il rilievo documenta la situazione attuale di un manufatto sul quale si sono succeduti una serie di interventi morfologico-conservativi di vario genere [8], che possono avere alterato la geometria degli elementi prospettici, quindi prima di procedere all'analisi si è provveduto a verificare la specificità degli stessi in relazione alla finalità della ricerca [Grecchi 2015]. In particolare l'ultimo restauro (1983-1992) ha ritrovato il pavimento originale in cotto 17 cm più in basso di quello attuale in marmo bicromo, realizzato nel 1531 dall'ing. Cristoforo Lombardi [Marrucci 1987, pp. 23-50]. Altri interventi che hanno interessato l'abside sono stati fatti sul muro su via del Falcone, che a causa dello spessore molto ridotto ha richiesto un primo consolidamento nel 1662 e ancora

Fig. 5. Irregolarità geometriche e costruttive (griglia di piedi milanesi), (elaborazione grafica degli autori).



nel 1937. Anche l'apparato ligneo e gli stucchi del coro sono stati più volte restaurati, ma non sembrano avere subito modifiche morfologiche, mentre il nuovo pavimento ha falsato la posizione dell'occhio dell'osservatore rispetto al disegno originale, che non aveva previsto la presenza della base nei pilastri, come si può riscontrare nell'articolazione del finto coro. Dal rilievo non sembra che l'apparato ligneo sia stato traslato verso l'alto in occasione del rialzo del pavimento, compensa-

Fig. 6. Asimmetria del coro; l'angolo in pianta compensa la diversa larghezza dei pilastri mantenendo l'altare al centro (elaborazione grafica degli autori).



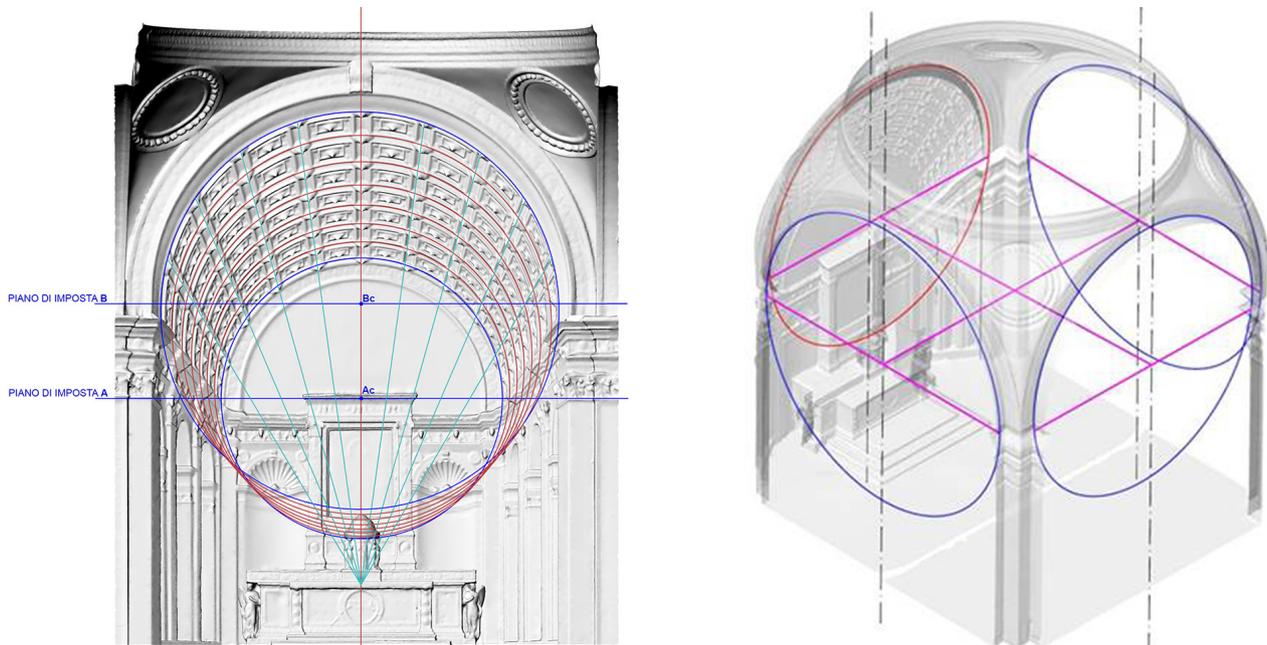
to dal taglio della base del coro, reso possibile dalla mancanza di basi nei pilastri. Pertanto il punto principale della prospettiva non sembra alterato. Comunque il duplice rilievo individua con sufficiente precisione il punto principale in asse al punto di concorso degli allineamenti dei lacunari della finta volta, fissando l'orizzonte ad una quota molto prossima al valore ideale suggerito dalla trattatistica, verificato tenendo conto del rialzo del pavimento, invalidando le ipotesi precedenti [9]. Più complessa è la determinazione del punto di vista, posto sull'asse orizzontale alla quota del punto principale. Infatti gli allineamenti possibili non sono molti per l'approssimazione dell'apparato plastico del finto coro: le lesene prospettiche che simulano i pilastri presentano variazioni dimensionali rilevanti. Il discostamento massimo lo si ritrova nelle paraste che delimitano il coro e definiscono il quadro prospettico, che differiscono di 10 cm (82,5 cm il sinistro; 92,5 cm il destro) (fig. 8). Più che ad imprecisioni costruttive, questa asimmetria è riconducibile ad una serie di adattamenti compromissori alle preesistenze, tesi alla ricerca della soluzione più efficace e dai quali non è possibile prescindere nell'analisi della ricostru-

zione prospettica, per la quale manca ogni riferimento sotto la quota dell'orizzonte. Infatti, come ha sottolineato Robbiani, il pavimento del coro non è in prospettiva, sebbene sia oltre il quadro e si giustifica con la necessità di garantire la continuità visiva tra realtà e finzione. Le irregolarità evidenziate dal rilievo rendono difficile la determinazione univoca del punto di vista progettuale, rafforzando l'inganno prospettico.

Il disegno progettuale, misura e geometria

Ripercorrendo al contrario l'ipotetico procedimento del tracciamento progettuale, il rilievo fissa l'altezza del punto principale PI a 1,53 m dal pavimento attuale, ovvero a 4 piedi milanesi dal livello presunto del pavimento originale, più basso di circa 21 cm. Il punto di vista dista 16,97 m (pari a 39 piedi dal quadro e 42 dal piano di fondo). Il quadro oltre il quale ha origine la prospettiva solida del coro virtuale è sulle facce verso il transetto delle paraste in muratura che

Fig. 7. Analisi geometrica della prospettiva della volta. L'arco è rialzato all'imposta e la volta ha un pieno in chiave (elaborazione grafica degli autori).



separano lo spazio architettonico da quello prospettico e la distanza del punto di vista dal quadro vale quindi 1,5 volte la presunta profondità del transetto. L'analisi del rilievo tramite una griglia quadrata in piedi milanesi consente di superare le incertezze prodotte dalle irregolarità costruttive e di formulare un'ipotesi attendibile sul procedimento progettuale. La teoria prospettica albertiana si riflette sulla costruzione della prospettiva accelerata. La lettura del *De Pictura* eviden-

zia una serie di assiomi e di regole che vedono nella misura, nelle griglie quadrettate e nello spazio cubico un metodo di progetto rigoroso, che il trattatista riferisce in maniera empirica e il suo illustratore del manoscritto di Lucca chiarisce con un disegno che rappresenta uno schema piano che può essere riferito ad uno spazio scandito da una tassellazione cubica [Alberti 1518, f. 23r]. Durante il Rinascimento il ricorso allo "spazio cubico" era il metodo di controllo progettuale dell'architettura.

Fig. 8. Punto di vista e piani della prospettiva solida del finto coro (elaborazione grafica degli autori).

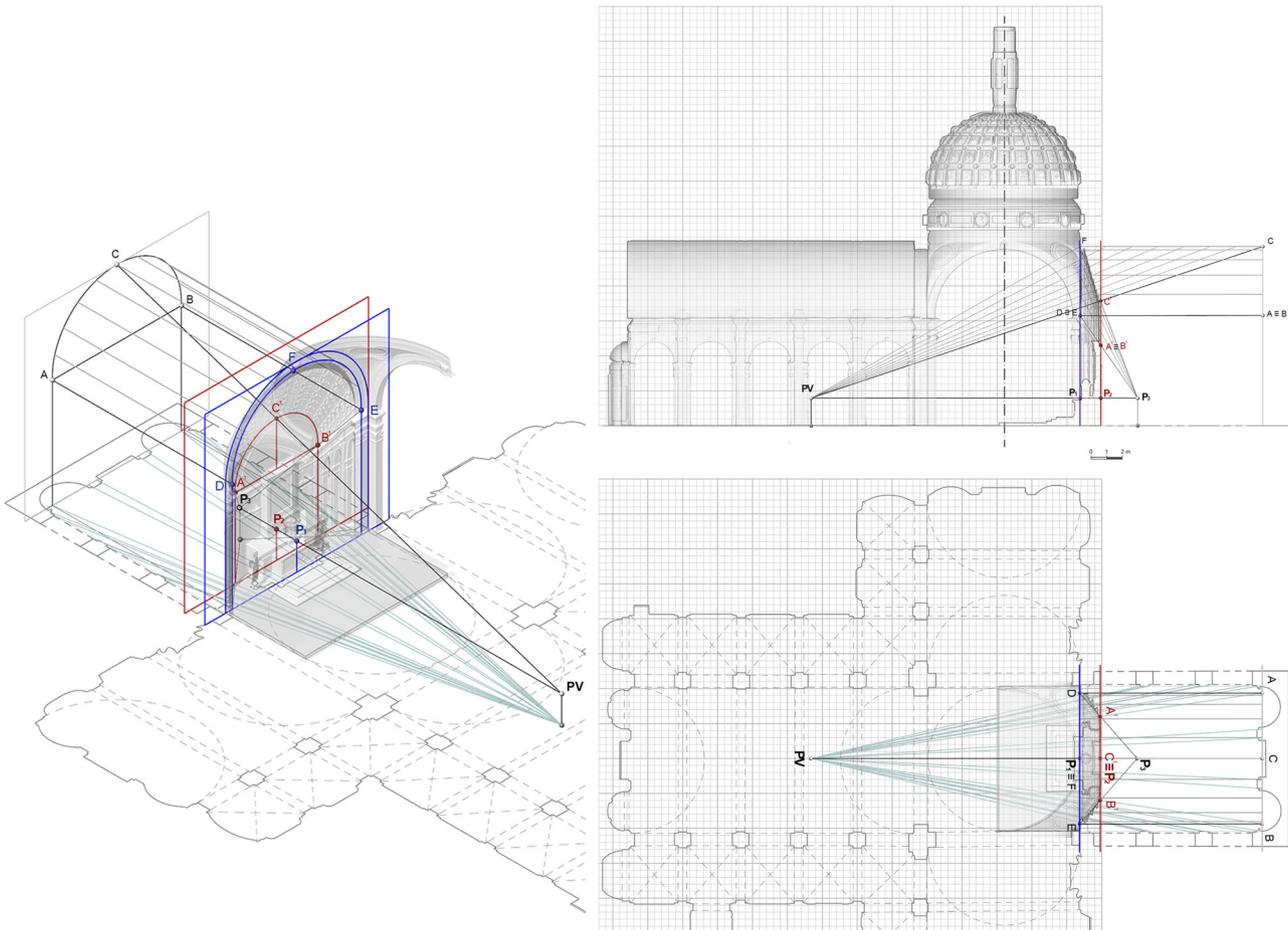


Fig. 9. Ridisegno del quadrangulus albertiano e schema geometrico con vista spaziale (elaborazione grafica degli autori).

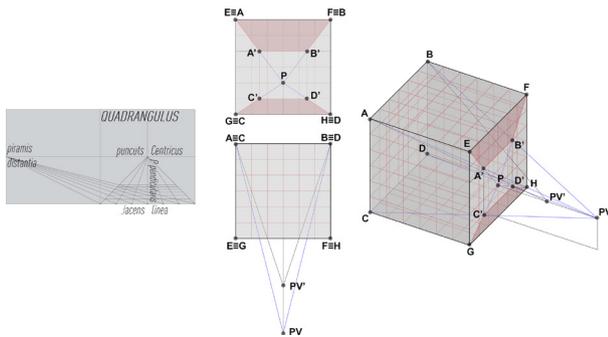
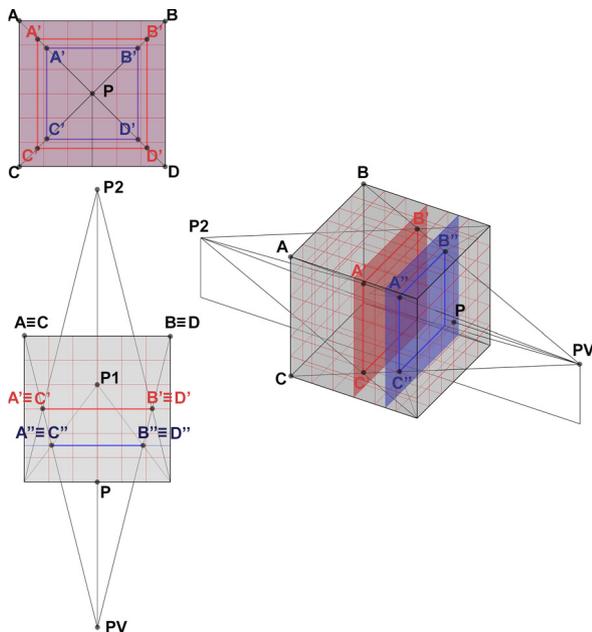


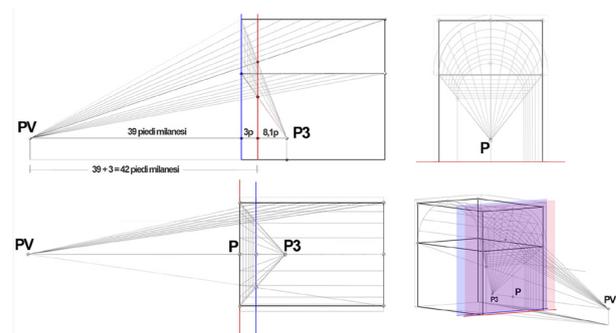
Fig. 10. Schema tridimensionale delle tre variabili della prospettiva solida: punto di vista, quadro e piano di fondo (elaborazione grafica degli autori).



L'illustrazione del procedimento per mettere in prospettiva un cubo di dimensioni note suddiviso in moduli quadrati, con il quadro su una delle facce e il punto di vista a distanza ed altezza in proporzione con la misura dello spigolo, evidenzia relazioni e coincidenze tra le variabili prospettiche. La rappresentazione del cubo in prospettiva esemplifica la possibilità di "misurare" un ambiente in cui pianta e alzato siano contenuti nello stesso schema a matrice quadrata: la griglia appartenente al quadro è rappresentazione contemporanea della pianta e dell'alzato della stanza cubica. L'idea di uno spazio cubico e il suo disegno piano sono quindi governate dallo stesso schema modulare della griglia quadrata, nella quale *ichnographia* e *orthographia* possono essere ricondotte ad uno schema che associa numero e misura anche in prospettiva.

La fig. 9 illustra la relazione tra le superfici proiettate sul quadro e la griglia posta su di esso. Il lato vale 6 moduli e le facce sono divise in 36 (6 × 6) quadrati più piccoli, per 216 unità cubiche, come nel grafico esplicativo delle parole dell'Alberti. Se si colloca il punto di vista A ad una distanza da una delle facce del cubo [10] pari alla lunghezza dello spigolo (6 unità) e all'altezza di 2 unità, la proiezione sul quadro dello spigolo opposto della faccia superiore coincide con la seconda linea orizzontale dall'alto della griglia del quadro, mentre la proiezione dello spigolo opposto al quadro della base del cubo corrisponde alla prima linea orizzontale della stessa griglia. Se si dimezza la distanza del punto di vista, la coincidenza fra prospettiva e griglia si verifica per gli spigoli opposti al quadro e ortogonali al piano geometrico. Con questa matrice, se si pone il punto di vista ad una distanza dal quadro pari allo spigolo del cubo e ad un'altezza pari alla metà, si ripre-

Fig. 11. Schema prospettico delle variabili della prospettiva solida del coro (elaborazione grafica degli autori).



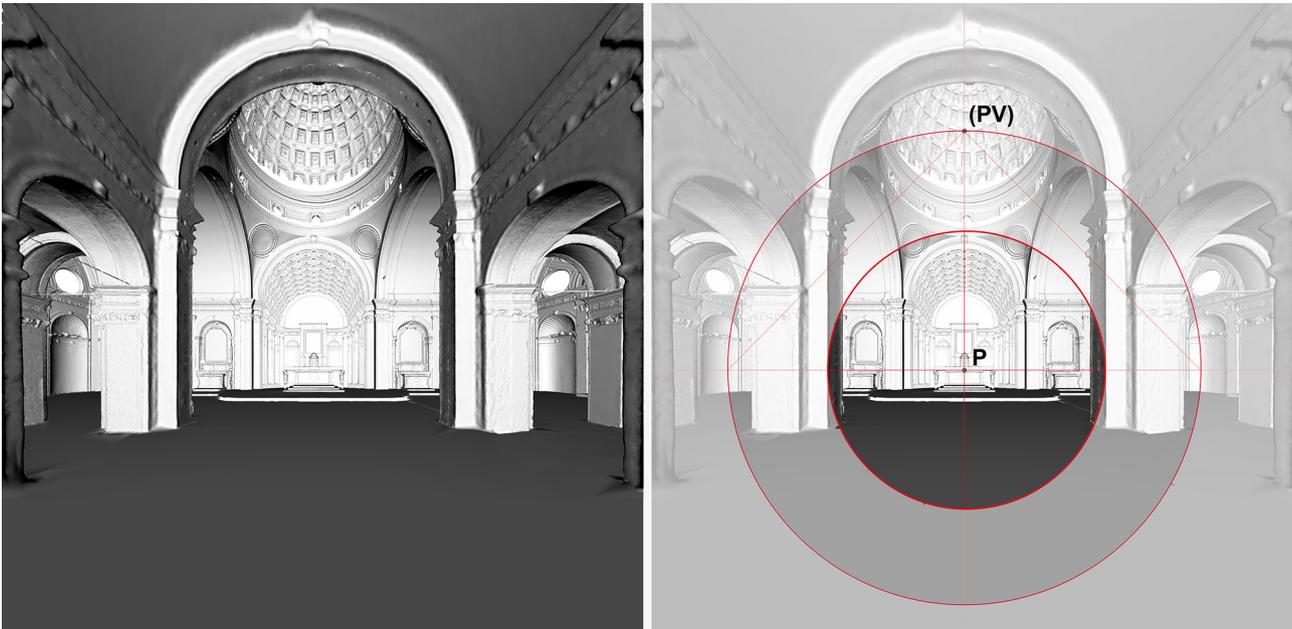
corre il problema del *quadrangulus* esposto da Leon Battista Alberti nel *De Pictura* [Alberti 1518] e poi ripreso da Piero della Francesca nell'*incipit* del *De Perspectiva Pingendi* [11], che divenne il paradigma per il posizionamento dell'altezza del punto di vista (3 braccia fiorentine = 4 piedi milanesi), ma qui si intuisce che il problema è di tutt'altra portata, avendo in sé la chiave che spiega la costruzione della prospettiva solida, che nessuno prima di Bramante aveva osato applicare a scala reale.

Questa simulazione permette di ipotizzare che Bramante abbia applicato un procedimento di estrema semplicità, derivato dal metodo prospettico dell'Alberti, che getta le basi della concezione dello "spazio cubico" rinascimentale [12]. In San Satiro Bramante dimostra un sapere che integra architettura e pittura in un unico metodo riconducibile alla griglia quadrata. Questo strumento consentiva di pensare lo spazio in funzione di forma, numero e misura, per proiettarlo su un piano (prospettiva lineare) o per contrarlo tra due piani (il quadro prospettico e il piano di fondo), generando una prospettiva solida.

Per contrarre lo spazio nella finzione scenografica occorre fare riferimento alla relazione tra le variabili della prospettiva accelerata: la posizione relativa del punto di vista, del quadro e del "piano di fondo" π^1 parallelo al quadro. La contrazione dell'architettura ideata dipende dalla posizione di questo piano. Nota la profondità da contrarre e decisa la posizione del quadro π^1 e del punto di vista PV, si fissa il secondo piano parallelo al quadro alla distanza di 3 piedi (profondità di rilievo della prospettiva accelerata del finto coro) e si congiungono i punti notevoli A, B, C con il punto di vista: gli allineamenti intersecano il piano π^1 parallelo a π individuando i punti A', B', C'. Unendo questi punti con i corrispondenti sul quadro D, E, F si determinano i segmenti A'D, B'E e C'F i cui prolungamenti si intersecano in P3, che è il punto di convergenza delle parallele ai segmenti descritti dai cassettoni della volta contratta. Una volta individuati questi quattro elementi ed il procedimento metrico che li lega è facile ricavare tutti i punti della prospettiva solida.

Il tracciamento costruttivo del cassero ligneo che mantiene il pavimento orizzontale, può essere stato fatto in scala o

Fig. 12. Visione dal punto di vista teorico: lo spazio centrale unisce navata/coro, transetto e cupola (elaborazione grafica degli autori).



al vero sul pavimento, riportando in pianta e in sezione gli elementi fondamentali della prospettiva (fig. 10). Una volta preparato il tracciamento e costruita l'armatura del finto coro si procede con la definizione della posizione prospettica dei pilastri, creando una struttura lineare semplificata sulla quale definire in stucco delle parti minori, e si procede alla pittura finale.

Se si considera un cubo di lato pari a 6 unità e con una faccia coincidente al quadro prospettico e si pone il punto di vista ad una distanza pari al lato del cubo e ad un'altezza pari alla metà (3 unità) e si pone il piano parallelo al quadro ad una distanza pari alla metà del lato, il punto di intersezione P3 è simmetrico al punto di vista rispetto al piano parallelo al quadro π^1 . Se si dimezza la distanza fra il quadro e il piano di fondo π^1 portandola a $1/4$ si ha una distanza del P3 da π^1 pari a $1/3$ di quella che intercorre tra PV e π^1 . Questo ragionamento evidenzia la relazione di proporzionalità fra la distanza del punto di vista e il punto P3 rispetto alla posizione del piano π^1 .

Nel finto coro uno schema analogo fissa le misure delle variabili prospettiche: la distanza tra i due piani paralleli a 3 piedi, la distanza tra PV e P2 vale 42 piedi e la distanza tra P2 e P3 vale 8,1 come rilevato. Infine la distanza tra PV e il quadro vale 39 piedi, che equivale a 1,5 volte la profondità del coro simulato, pari a 26 piedi (fig. 11). La corrispondenza della costruzione a valori metrici significativi conferma la correttezza dell'ipotesi e documenta che gli interventi non hanno modificato la posizione e la morfologia del finto coro. Questo dimostra come negli anni ottanta del Quattrocento la scienza prospettica milanese stesse maturando i principi geometrici della scenografia, sintetizzati in questo schema facilmente adattabile a qualsiasi profondità.

Conclusioni

Quanto descritto è ciò che si deduce dal rilievo, verificando l'ipotesi progettuale teorica su un modello ideale ricostruito coerentemente all'architettura reale (fig. 12). La tesi consolidata del riferimento alla pianta centrale induce a verificare la posizione del punto di vista della situazione "teorica" di una pianta con bracci di uguale luce, quindi allineando il finto coro con la reale larghezza del transetto. In questo caso PV avanzerebbe verso il centro del braccio della croce greca, avvicinando l'osservatore al centro della navata dello spazio centrale teorico, quindi in una posizione concettualmente significativa. Ancora una volta il rilievo fugge ogni dubbio: la

particolare proporzione che la sezione longitudinale evidenzia tra la distanza del punto di vista dal quadro e la profondità teorica del coro sottolinea la correttezza della ricostruzione prospettica proposta.

Questo punto di vista teorico soddisfa i presupposti progettuali della critica e la teoria della trattatistica coeva, ma anche i presupposti percettivi già evidenziati dallo studio di Robbiani.

La maestria progettuale manifesta nell'eleganza delle relazioni tra l'architettura reale e l'apparato prospettico dimostra che una volta acquisiti gli strumenti per la misura dello spazio, l'architettura ne sfrutta le potenzialità rappresentative applicando la prospettiva alla decorazione degli interni, intesa come integrazione dell'architettura stessa.

Il significato di "misura reale" associato in origine alla prospettiva viene esteso allo spazio e stravolto dal gioco teatrale tra realtà e finzione già implicito nella realizzazione bramantesca. Il metodo descritto dall'esercizio del *quadrangolus* dell'Alberti viene applicato all'interno della scatola muraria per creare immagini virtuali che, come già le formelle brunelleschiane, diventavano "reali" perché l'immagine ha la misura della realtà.

L'identità geometrica tra l'oggetto e la sua immagine rende "vera" la rappresentazione misurata. Così la prospettiva concretizza l'artificio attraverso il quale l'immagine interagisce con lo spazio fisico, creando spazi figurati che estendono quello costruito senza soluzione di continuità. La chiave è l'integrazione del punto di vista dell'*architectura picta* nello spazio costruito, associata all'adozione di accorgimenti opportuni a dissimulare i punti critici nei quali si risolve la continuità tra lo spazio reale e quello virtuale.

Lo schema geometrico dedotto dalla lettura metrologica del rilievo rivela un'idea di spazio funzionale alla percezione scenica e alla sua rappresentazione prospettica, confermando l'importanza della geometria nel controllo dello spazio visivo. Lo schema dello "spazio cubico" risolve il problema della prospettiva solida con un semplice disegno attraverso il quale la prospettiva solida di San Satiro si propone come il primo modello di scenografia teatrale moderna. In questo modo Bramante fissa le basi empiriche prima della codifica da parte di Guidobaldo del Monte [Del Monte 1600] e l'applicazione alla scenografia teatrale barocca secondo le indicazioni pratiche di Nicola Sabbatini [Sabbatini 1638].

Così sul finire del Quattrocento a Milano la prospettiva si trasforma in un elemento di "definizione" dello spazio architettonico. La quadratura maturerà il "mirabile artificio" bramantesco, rielaborato dalla scenografia teatrale.

Note

[1] I rilievi conosciuti che potrebbero essere stati alla base delle due ricostruzioni prospettiche sono quelli di F. Cassina (1840-1862), E. Strada (1884) e F. Mansperò (1938).

[2] Eseguito dallo studio G.M.S. di Milano.

[3] L'immagine è attribuita al Bramante sulla base di un'iscrizione inserita nell'incisione che lo indica come autore.

[4] Il rilievo è stato eseguito con laser scanner Faro dal gruppo di ricerca.

[5] Ricerca Nazionale PRIN 2010-11 coordinata dal prof. R. Migliari con la partecipazione di unità di ricerca di Roma, Milano, Torino, Venezia, Napoli-Salerno, Firenze-Bologna, intitolata *Prospettive architettoniche: conservazione digitale, divulgazione e studio*.

[6] L'elaborazione del modello *mesh* è stata fatta con il software *Geomagic Studio 12*.

[7] Il raggio principale o asse ottico dell'osservatore è la retta ortogonale

al quadro passante per il punto di vista, che in questo caso è orizzontale ed è l'unica variabile determinabile con esattezza [Saccardi 1989, p. 236].

[8] Si veda Sistema Informativo Beni Culturali della Regione Lombardia, Scheda OARL-1j560-00062.

[9] Secondo Leon Battista Alberti 3 braccia fiorentine (1 braccio = 58,3626 cm), corrispondenti a 4 piedi milanesi (1 piede = 43,5185 cm).

[10] La faccia del cubo è al contempo quadro di rappresentazione.

[11] Piero della Francesca. (1476 ca). *De Perspectiva Pingendi*. Libro I - XII, "Da l'ochio dato nel termine posto il piano asignato degradare." [Nicco Fasola 1984].

[12] L'illustratore spiega il problema ponendo un quadrato sul geometrico di 6 x 6 braccia fiorentine con il quadro su un lato del quadrato e il punto di vista ad una distanza pari al lato del quadrato (6 braccia) ed a un'altezza pari alla metà del lato (3 braccia) [Alberti 1518, f. 23r].

Autori

Giorgio Buratti, Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, giorgio.buratti@polimi.it

Giampiero Mele, Dipartimento eCampus, Università Telematica eCampus, giampiero.mele@uniecampus.it

Michela Rossi, Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, michela.rossi@polimi.it

Riferimenti bibliografici

Alberti, L.B. (1518). *De Pictura e De Elementa picturae*. Ms. 1448, Biblioteca Statale di Lucca.

Baglioni, L., Salvatore, M. (2017). Principi proiettivi alla base della prospettiva solida nella scenografia di Guidobaldo del Monte. In A. Di Luggo et al. (a cura di), *Territori e frontiere della rappresentazione*. Atti del 39° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione, XIV Congresso UID. Napoli 14-16 settembre 2017, pp. 267-276. Roma: Gangemi editore.

Bruschi, A. (1969). *Bramante architetto*. Roma-Bari: Laterza.

Buratti Mazzotta, A. (a cura di). (1992). *Insula Ansperti: il complesso monumentale di S. Satiro*. Milano: Banca Agricola Milanese.

Camerota, F. (2006). *La prospettiva del Rinascimento: arte, architettura, scienza*. Milano: Electa.

Dalai Emiliani, M. (a cura di). (1980). *La prospettiva rinascimentale: codificazioni e trasgressioni*. Atti del Convegno internazionale di Studi Rinascimentali. Milano 11-15 ottobre 1977. Firenze: Centro Di.

Del Monte, G. (1600). *Perspectivae libri sex*. Pesaro: Girolamo Concordia.

Grecchi, G. (2015). *Il gioco illusorio dello spazio. Dalla prospettiva del finto coro di Santa Maria Presso San Satiro alle magie ottiche delle espressioni*

contemporanee. Tesi di laurea magistrale in Design degli Interni, relatore/tutor prof. Michela Rossi. Politecnico di Milano.

Lotz, W. (1955). Die ovalen Kirchenräume des Cinquecento. In *Römisches Jahrbuch für Kunstgeschichte*, vol. 7, pp. 7-99.

Marrucci, R. A. (a cura di). (1987). *La prospettiva bramantesca di Santa Maria presso San Satiro: storia, restauri e intervento conservativo*. Milano: Banca Agricola Milanese.

Nicco Fasola, G. (a cura di). (1984). *Piero della Francesca. De Perspectiva Pingendi*. Firenze: Le lettere.

Robbiani, E. (1980). La verifica costruttiva del 'finto coro' di S. Maria presso S. Satiro a Milano. In M. Dalai Emiliani (a cura di). *La prospettiva rinascimentale: codificazioni e trasgressioni*. Atti del Convegno internazionale di Studi Rinascimentali. Milano 11-15 ottobre 1977, pp. 215-231. Firenze: Centro Di.

Sabbatini, N. (1638). *Pratica di fabbricar macchine e scene né teatri*. Ravenna: Pietro de Paoli e Gio Battista Giovannelli.

Saccardi, U. (1989). *Applicazioni della geometria descrittiva*. Firenze: LEF.

Sinigalli, R. (2001). *Verso una storia organica della prospettiva*. Roma: Edizioni Kappa.