

CARBO

FONDAMENTI DI CHIMICA PER LE TECNOLOGIE, LA SALUTE E L'AMBIENTE

3

Direttori

Franco VECCHIOCATTIVI
Università degli Studi di Perugia

Stefano FALCINELLI
Università degli Studi di Perugia

Comitato scientifico

Vincent LORENT
Université Paris XIII Nord – Villetaneuse, France

James Martin FARRAR
University of Rochester, New York, USA

I volumi accolti nella collana CABRO afferiscono ai settori scientifico disciplinari di Fondamenti chimici delle tecnologie (CHIM/07) e di Chimica dell'ambiente e dei beni culturali (CHIM/12).



Una vita senza ricerche non è degna per l'uomo di essere vissuta.

PLATONE, *Apologia di Socrate*

La collana nasce dall'interesse di approfondire l'attività di ricerca scientifica e l'attività didattico-formativa, relativa allo studio dei fondamenti chimici applicati a diversi ambiti tecnologici, al settore della sicurezza e della salvaguardia della salute umana, all'ambiente e ai beni culturali.

L'obiettivo è quello di divulgare e promuovere ricerche, studi e conoscenze che riguardano i prodotti chimici naturali e di sintesi, le possibili applicazioni tecnologiche, l'impatto sulla salute umana, sull'ambiente e sui beni culturali. Il fine ultimo è favorire l'evoluzione e lo sviluppo economico, sociale e tecnologico delle comunità umane verso ecosistemi caratterizzati da una fruizione più equilibrata e inclusiva dei beni comuni materiali e immateriali.

Carbo accoglie volumi di rilevanza scientifica internazionale nell'ambito della chimica di base e della chimica applicata. Le opere sono destinate a soddisfare l'interesse e la curiosità di intellettuali, accademici, ricercatori, studenti universitari e amanti della cultura. Per questi motivi è possibile trovarvi testi sia di taglio scientifico e specialistico, che di taglio didattico e divulgativo.



Vai al contenuto multimediale

Bruno Fabbri, Cesare Fiori

Archeometria

Studio di materiali e tecnologie di manufatti antichi





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXVII
Gioacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978-88-255-0501-6

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: ottobre 2017

9 *Introduzione*

Parte I

Tecniche analitiche

- 13 **Capitolo I – *Aspetti generali***
1.1. I materiali dei beni culturali, 13 – 1.2. Alterazione e stato di conservazione, 15 – 1.3. Campionamento, 17 – 1.4. Generalità sulle tecniche analitiche, 21
- 23 **Capitolo II – *Microscopia ottica***
2.1. Microscopia ottica a luce riflessa, 23 – 2.2. Microscopia ottica a luce trasmessa, 24 – 2.3. Analisi mineralogico-petrografica di materiali lapidei impiegati per tessere di mosaici antichi tramite microscopia ottica, 35 – 2.4. Analisi quantitativa della tessitura, 49
- 51 **Capitolo III – *Diffrazione di raggi-X***
3.1. Analisi mineralogica tramite diffrazione di raggi-X (XRD), 51 – 3.2. Identificazione delle fasi cristalline di vetri musivi opacizzati con Sn e Sb tramite XRD, 56
- 65 **Capitolo IV – *Tecniche spettroscopiche***
4.1. Colorimetria, 65 – 4.2. Spettroscopia all'infrarosso (IR e FTIR), UV/Vis e di riflettanza a fibre ottiche (FORS), 70 – 4.3. Spettroscopia Raman, 78 – 4.4. Spettrofotometria di assorbimento atomico (AAS), 82 – 4.5. Spettrofotometria al plasma, 86 – 4.6. Spettroscopia di plasma indotta da laser (LIBS), 89 – 4.7. Spettroscopia Mössbauer, 91 – 4.8. Spettroscopia di risonanza paramagnetica elettronica (EPR), 94
- 97 **Capitolo V – *Tecniche radiochimiche***
5.1. Spettrometria di fluorescenza di raggi-X (XRF), 97 – 5.2. Microanalisi con sonda elettronica (EPMA), 102 – 5.3. Emissione di radiazioni indotta da particelle, 103
- 107 **Capitolo VI – *Microscopia elettronica e catodoluminescenza***
6.1. Microscopia elettronica a scansione (SEM), 107 – 6.2. Catodoluminescenza, 113
- 117 **Capitolo VII – *Analisi termiche***
7.1. Le trasformazioni termiche, 117 – 7.2. Analisi termoponderale (TG), 118 – 7.3. Analisi termodifferenziale (DTA), 120 – 7.4. Analisi simultanee DTA e TG di malte dei beni culturali, 123

- 131 *Capitolo VIII – Analisi dimensionali*
8.1. Definizione di porosità, 131 – 8.2. Analisi porosimetrica per assorbimento d'acqua, 131 – 8.3. Analisi porosimetrica per intrusione di mercurio, 133 – 8.4. Diametro critico di gelività, 134 – 8.5. Analisi granulometrica, 137
- 141 *Capitolo IX – Tecniche isotopiche*
9.1. Isotopi e loro misura, 141 – 9.2. Analisi dei marmi tramite isotopi stabili, 141 – 9.3. Isotopi del piombo, 147
- 149 *Capitolo X – Tecniche di datazione*
10.1. Datazione con radiocarbonio, 149 – 10.2. Termoluminescenza, 153 – 10.3. Datazione di reperti archeologici con EPR, 159 – 10.4. Datazione con risonanza di spin elettronico (ESR), 160 – 10.5. Datazione delle ceramiche sulla base della perdita di peso, 160
- 165 *Capitolo XI – Elaborazioni statistiche*
11.1. Attendibilità dei dati di analisi chimica, 165 – 11.2. Metodi chemiometrici per studi di provenienza, 167 – 11.3. Analisi dei componenti principali (PCA), 171 – 11.4. Metodo della classificazione sfocata (fuzzy clustering), 175
- 177 *Bibliografia – Tecniche analitiche*

Parte II
Casi di studio

- 185 *Capitolo I – Pietre*
- 193 *Capitolo II – Malte*
- 199 *Capitolo III – Ceramiche*
- 233 *Capitolo IV – Vetri*
- 253 *Capitolo V – Mosaici*
- 269 *Capitolo VI – Concotti*
- 277 *Capitolo VII – Metalli*
- 285 *Bibliografia – Casi di studio*

Obiettivi dell'archeometria

Una fonte primaria di informazioni usata da archeologi per capire le società del passato è la cultura materiale che sopravvive (cioè i manufatti in senso lato). Un punto di partenza per capire la cultura materiale è lo studio della *catena operativa* o ciclo vitale dei manufatti sopravvissuti, dal reperimento e lavorazione delle materie prime, attraverso la fabbricazione e decorazione dei manufatti, alla loro distribuzione, uso, riuso e abbandono. A tale riguardo, alcuni concetti base sono bene espressi da Henderson*:

- le scienze fisiche forniscono un contributo rilevante che può essere utilmente suddiviso in due fasi. La prima consiste nella ricostruzione della tecnologia di produzione, del commercio e scambio, e della funzione d'uso associata col manufatto; la seconda riguarda l'interpretazione della catena operativa così ricostruita allo scopo di ottenere una migliore comprensione della popolazione associata ai manufatti. Questa interpretazione coinvolge tentativi di rispondere a domande relative a come una nuova tecnologia venne scoperta e adottata in un particolare tempo e luogo e perchè vennero scelti una particolare produzione tecnologica, un certo modo di produrre (cioè: familiare, di bottega o di fabbrica), un modello di commercio e scambio e la funzione d'uso;
- lo studio efficace di una catena operativa di culture materiali del passato richiede un approccio olistico, tenendo in considerazione il fatto che produzione, distribuzione e uso associati ad un particolare tipo di manufatto sono saldamente inseriti entro i più ampi contesti e consuetudini ambientali, tecnologici, economici, sociali, politici e ideologici;

* HENDERSON, 2000, pp.xv-xvi.

- nella ricerca delle ragioni dell'innovazione tecnologica, come pure della distribuzione (quindi la provenienza), deve essere dato rilievo al ruolo del commercio e scambio nel favorire i cambiamenti in tecnologia, economia, vita sociale, politica e ideologia;
- nello studio della innovazione tecnologica, deve inoltre essere messa in rilievo l'importanza del considerare in primo luogo il contatto fra differenti tecnologie e, secondariamente, la società e la cultura, come pure gli usi più pratici dei materiali o manufatti prodotti;
- infine, va evidenziato il ruolo cruciale in tali studi della combinazione di sopralluoghi sul campo per individuare fonti di materie prime e degli scavi dei siti di produzione con le analisi di laboratorio di materie prime e scarti di fabbricazione così come di manufatti finiti.

Il presente testo è indirizzato a studenti di corsi universitari in cui l'Archeologia è materia fondamentale, ma anche, più in generale, a studenti di corsi di laurea in Conservazione dei Beni Culturali.

Esiste in letteratura un numero sterminato di riferimenti bibliografici, sia riguardo metodologie che casi di studio, ed altri testi relativi a tecniche analitiche per l'archeometria e la conservazione dei beni culturali di livello più "rigoroso o difficile". Questo libro mira ad un impatto più immediato o "facile" da parte di studenti di corsi con formazione prevalentemente o quasi esclusivamente umanistica, al primo approccio con tale materia "tecnica".

Nella *Parte I*, ad una descrizione necessaria, ma stringata, dei principi su cui si basano le tecniche analitiche, segue la presentazione delle applicazioni allo studio dei materiali antichi, in particolare di reperti archeologici. Non manca di essere sottolineato il grado di sensibilità e di efficacia informativa delle varie tecniche e della eventuale necessità di integrazione di ciascuna di esse con altre. Nei vari capitoli, ciascuno dei quali è dedicato a differenti metodologie analitiche e suddiviso nelle varie tecniche, sono spesso inseriti esempi di risultati di analisi.

Nella *Parte II*, invece, sono presentati casi di studio tratti da pubblicazioni di autori fra i quali compaiono, in forma esclusiva o come coautori, uno o entrambi gli autori di questo libro. Di tali articoli sono riportati riassunti o parti di testo ed una selezione di immagini e grafici atti ad illustrare gli aspetti particolarmente caratterizzanti delle ricerche svolte.

PARTE I

TECNICHE ANALITICHE

Aspetti generali

1.1. I materiali dei beni culturali

I materiali dei manufatti archeologici vengono distinti innanzitutto in:

- a) materiali inorganici, comprendenti pietre, malte, ceramica, vetro e metalli;
- b) materiali inorganici di origine organica, quali osso, avorio, corallo, madreperla;
- c) materiali organici, in cui confluiscono legno, tessuti, cuoio, pelle, pergamena.

Sono nettamente prevalenti i materiali inorganici, sia per la loro maggiore durabilità che per il maggiore uso che ne è stato fatto. I prodotti di alterazione dei materiali originari sono anch'essi inorganici. La maggior parte dei problemi di caratterizzazione di questi materiali nel settore dei beni culturali, compresi quindi i materiali archeologici, si risolve con tecniche analitiche applicabili ai materiali inorganici. Il testo considera quindi tali tecniche, mentre per i materiali organici si deve ricorrere ad indagini specifiche in campo biologico. Fanno eccezione alcune tecniche, qui descritte, quali la datazione con radiocarbonio, applicabile a resti organici di manufatti di vario tipo, la spettroscopia all'infrarosso e la spettroscopia Raman, applicabili anche a materiali organici, e l'analisi termodifferenziale adatta a determinare la presenza di sostanze organiche, non la loro natura.

I materiali inorganici possono essere costituiti esclusivamente da minerali (sostanze cristalline), quale una roccia magmatica intrusiva, o da vetro (sostanza amorfa), quale ossidiana o un oggetto in vetro perfettamente trasparente, oppure sia da minerali che da vetro, quale una ceramica cotta ad alta temperatura, senza trascurare la possibilità di avere materiale amorfo, ma non vetroso, come in molte ceramiche cotte a media temperatura. Nel caso di solidi cristallini è fondamentale la conoscenza della loro composizione mineralogica, mentre nel caso di solidi

vetrosi è indispensabile la conoscenza della loro composizione chimica. Entrambe le analisi, chimica e mineralogica, sono comunque opportune per uno studio esauriente dei materiali inorganici, e necessarie nel caso di materiali in parte cristallini e in parte vetrosi o amorfi.

I materiali inorganici di origine organica sono composti per la più gran parte di materiale cristallino, ma contengono anche una quantità non trascurabile di materiale organico. La composizione di questa ultima componente è però sostanzialmente modificata nei materiali dei beni culturali, in conseguenza del lungo tempo trascorso dal momento della realizzazione dei manufatti con tali materie prime, specialmente quelli di provenienza archeologica. Da questo punto di vista, corallo e madreperla sono meno sensibili perché contengono una minore quantità di sostanza organica¹.

La caratterizzazione dei materiali deve comprendere anche lo studio della loro struttura e microstruttura (tessitura). Importante, in particolare, è la determinazione della porosità (quantità, dimensioni e forma dei pori) e della granulometria e morfologia delle sostanze costituenti, caratteristiche identificabili con la microscopia ottica o elettronica.

La composizione mineralogica è definita dal tipo e dalla quantità dei minerali che costituiscono il materiale. I minerali sono sostanze solide e inorganiche, con composizione e proprietà fisiche ben definite, caratterizzate da abito cristallino; un cristallo può essere definito come solido omogeneo, anisotropo, avente la forma naturale di un poliedro. L'anisotropia di un cristallo significa che almeno una sua proprietà fisica (ottica, elettrica, meccanica, termica) varia con la direzione entro il cristallo stesso. Le sostanze vetrose sono, invece, isotrope, cioè tali per cui nessuna delle loro proprietà varia con la direzione. Se abbiamo una massa cristallina con cristalli molto fini e orientati casualmente in tutte le direzioni, allora questa massa può essere considerata isotropa nel suo complesso. In altre parole, un solido cristallino che abbia cristalli di dimensioni piccolissime tende ad "assomigliare" ad un vetro.

Un'importante differenza fra una sostanza cristallina ed un vetro riguarda la temperatura di fusione. Un cristallo ha una precisa temperatura di fusione. Le sostanze vetrose non fondono ad una temperatura ben definita, ma rammoliscono gradualmente, fino a diventare liquide, in un intervallo più o meno ampio di temperatura. La forma cristallina, geometricamente perfetta, è la manifestazione esteriore della regolarità

¹ CRISTOFERI, 2012.

della disposizione delle particelle elementari che costituiscono il reticolo del cristallo stesso. Nelle sostanze vetrose o amorfe le particelle elementari sono disposte in modo disordinato.

Un materiale può essere costituito da un solo tipo di sostanza (cristallina o amorfa), ma nella maggior parte dei casi ci troviamo di fronte ad un sistema eterogeneo con più fasi da riconoscere e di cui determinare le quantità relative. In ogni caso, per caratterizzare in modo completo la composizione di un materiale dobbiamo conoscere:

- a) il numero e la natura delle fasi presenti (minerali e/o fasi amorfe);
- b) la composizione chimica globale del materiale;
- c) la concentrazione dei vari costituenti chimici in ciascuna fase (cioè la composizione chimica delle singole fasi sia cristalline che amorfe).

La composizione chimica di ogni minerale è nota. È anche necessario tener conto che minerali diversi (per forma cristallina) possono avere la stessa composizione chimica (casi di polimorfismo, quali: calcite e aragonite, diamante e grafite). L'analisi chimica consiste nel riconoscere quali elementi chimici e in che concentrazione sono presenti nel materiale e come sono distribuiti nelle singole fasi che lo compongono. In genere gli elementi chimici vengono distinti in:

- a) principali, in quantità superiore all'1% (in peso);
- b) minori, meno di 1%;
- c) in tracce, meno di 0,1%.

Le analisi chimiche e mineralogiche possono essere eseguite con metodi distruttivi e non distruttivi; nel campo dei beni culturali in genere sono preferibili questi ultimi. Esistono tecniche analitiche che sono "una via di mezzo", cioè micro-distruttive, quindi spesso applicabili per via della piccolissima quantità di campione necessaria. Quando analizziamo un sistema eterogeneo di fasi può essere utile eseguire delle separazioni in modo da procedere a determinazioni analitiche su singole fasi o parti del sistema. Le separazioni possono essere eseguite in base a diverso colore o peso specifico, solubilità, proprietà magnetiche, oppure tramite attacco con soluzione acida, ecc.

1.2. Alterazione e stato di conservazione

La stabilità di composizione e microstruttura dei materiali dei beni culturali è intaccata dall'interazione con l'ambiente di conservazione dei manufatti. Ciò è vero sia per i beni architettonici che per i materiali archeologici, ma il degrado e l'alterazione che ne conseguono sono generalmente diversi perché sono differenti gli ambienti di conservazione. I beni architettonici sono sottoposti all'azione degli agenti atmosferici e interagiscono con l'inquinamento ambientale; i beni archeologici, invece, sono a contatto con le acque circolanti nel terreno di sepoltura e interagiscono anche con i sali disciolti nell'acqua stessa. Per questi materiali, inoltre, bisogna tenere conto del fatto che i tempi di esposizione possono essere estremamente lunghi, fino a diversi millenni, fatto che accentua l'entità dei fenomeni di degrado e di alterazione.

Per esemplificare gli effetti dell'alterazione, possiamo prendere in considerazione la ceramica, che si può presentare sotto forma di manufatti assai diversi dal punto di vista della tecnologia di lavorazione e del tempo di sepoltura. Le eventuali modificazioni degli impasti ceramici sono favorite anche dal fatto che presentano generalmente un'abbondante porosità aperta, aumentando drasticamente la superficie di contatto fra il materiale e le acque circolanti nel terreno.

L'alterazione dei materiali implica una variazione della loro composizione chimica e/o mineralogica, che si può manifestare con:

- a) lisciviazione di elementi costituenti il materiale;
- b) fissazione di elementi estranei;
- c) deposizione di sali di apporto esterno.

La lisciviazione può riguardare diversi elementi, ma i più sensibili sono i metalli alcalini, sia i principali, come sodio e potassio, che quelli minori o in tracce, come litio e rubidio. Fra i casi di fissazione di elementi estranei, il principale è sicuramente quello del fosforo, che è spesso presente nelle acque circolanti nel terreno; il fenomeno riguarda quindi in particolare i materiali archeologici e in linea di massima aumenta di intensità con l'età dei manufatti. L'entità dell'alterazione può diventare imponente nel caso di materiali sepolti vicino ad una fonte di fosforo, come le ossa, e per tempi di sepoltura molto lunghi². Il fenomeno può essere visto anche in positivo, nel senso che la presenza di

² FABBRI, GUALTIERI, 2013.

fosforo nel materiale archeologico è un buon indizio sulla presenza di una sorgente di questo elemento nelle immediate vicinanze³.

I sali di apporto esterno, che cristallizzano nei pori dei manufatti, possono essere di due tipi: solubili o insolubili. I sali solubili sono più frequenti nei manufatti architettonici esposti agli agenti atmosferici e in quelli archeologici di recupero sottomarino. Nel primo caso, per la maggior parte i sali sono trasportati in soluzione dall'acqua risalente per capillarità dal suolo. Nel caso dei manufatti recuperati in ambiente marino, invece, i sali si formano quando i manufatti vengono riportati alla superficie e l'acqua marina assorbita dalla struttura porosa evapora depositando i sali disciolti nell'acqua stessa. I sali insolubili, invece, sono più frequenti nei materiali archeologici sepolti in terreni permeabili dove possono circolare eventuali soluzioni acquose. L'alternanza di periodi secchi e umidi provoca la cristallizzazione dei sali apportati dall'acqua; l'esempio più frequente è quello della formazione di calcite⁴.

In tutti i casi di alterazione, di qualunque tipo essa sia, si ha sempre una variazione più o meno marcata della composizione chimica, e spesso anche di quella mineralogica. In tali circostanze, pertanto, l'uso della composizione, chimica e mineralogica, per studi di provenienza deve essere evitato. Quando l'alterazione appare ridotta o limitata ad un preciso elemento, la composizione chimica può essere ancora utile, ma deve essere utilizzata con estrema cautela⁵.

Nel caso delle ceramiche dotate di rivestimento, argilloso o vetroso, l'alterazione può interessare anche quest'ultimo. La più comune forma di alterazione dei rivestimenti è la lisciviazione, in particolare in quelli vetrosi, con asportazione selettiva degli elementi presenti; anche in questo caso i metalli alcalini sono quelli maggiormente sensibili. Un tipo particolare di alterazione è quello della solfurazione, che si può verificare nei rivestimenti vetrosi piombici. Il fenomeno è dovuto all'apporto di zolfo da parte dell'ambiente circostante, il quale reagisce con il piombo dando luogo alla formazione di solfuro di piombo, cosicché il vetro diventa di colore nero, con la conseguente scomparsa di eventuali decorazioni dipinte⁶.

³ MARITAN, MAZZOLI, 2004.

⁴ FABBRI, GUALTIERI, SHOVAL, 2014.

⁵ BUXEDA i GARRIGOS, KILIKOGLU, DAY, 2001.

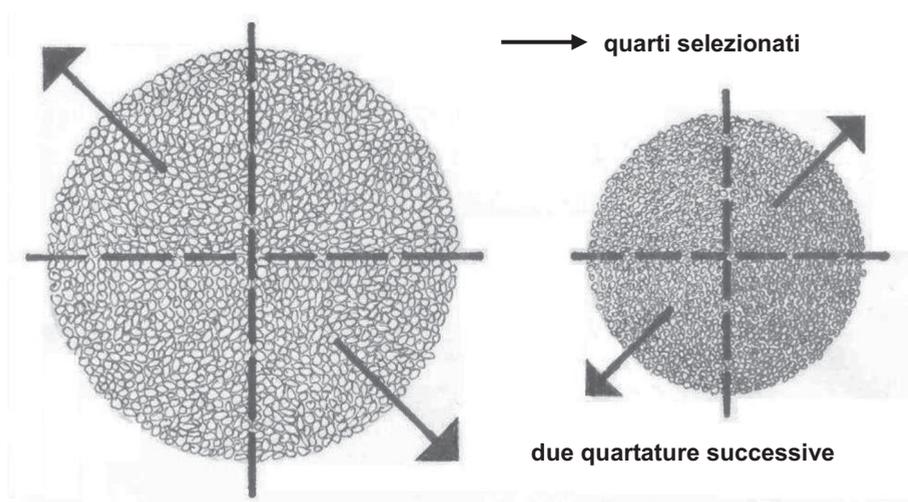
⁶ FABBRI, GUALTIERI, 1999.

1.3. Campionamento

Con gli strumenti attuali, fra quelli descritti in questo volume, si possono eseguire diversi tipi di analisi anche su piccole quantità di materiale (fino a pochi mg). Ciò che è importante è che la quantità prelevata sia rappresentativa dell'oggetto o di una parte ben precisa di cui si voglia conoscere separatamente la composizione (strati di rivestimento, patine di alterazione, inclusioni, pigmenti, ecc.).

Per alcune analisi il campione prelevato, anche di dimensioni molto piccole, può essere usato tal quale; per altre deve essere ridotto in polvere. In quest'ultimo caso, per garantire l'esigenza di rappresentatività è necessario che le dimensioni delle particelle di polvere siano molto piccole rispetto alla dimensione del prelievo. Ciò è normalmente verificato se le dimensioni delle particelle sono inferiori a $100\ \mu\text{m}$ (1 micron = 1 millesimo di millimetro).

Quando si tratta di caratterizzare un materiale nel suo complesso che presenti disomogeneità e/o varie fasi costituenti con grani di dimensioni relativamente grandi, che non abbia comunque problemi di limitazione della quantità di prelievo, è necessaria una lavorazione preliminare per ottenere un "campione medio" più piccolo. Una parte consistente del campione iniziale va quindi trattato garantendo comunque il rispetto dell'esigenza di rappresentatività. La quantità da trattare dipende essenzialmente dalle dimensioni dei grani delle fasi costituenti: più il materiale è grossolano, maggiore dovrà essere la quantità prelevata per il trattamento. Si procede poi normalmente a successive frantumazioni e macinazioni, e di volta in volta si separa metà del materiale trattato con il procedimento della "quartatura".



Si ottiene così la quantità ridotta, ancora rappresentativa del materiale nel suo complesso, e che si ritiene necessaria per la tecnica analitica o le varie tecniche analitiche da impiegare per la caratterizzazione. Solo questa quantità limitata di materiale viene sottoposta alla macinazione finale per ridurre la dimensione delle particelle a meno di 100 μm . La quartatura è l'operazione di riduzione della quantità di campione che segue ogni frantumazione o macinazione, eseguita disponendo su un foglio il materiale in uno strato con contorno circolare, dividendolo in quattro parti e separandone due opposte; di volta in volta si prendono i due quarti in posizioni alternate, come schematizzato nella figura che precede e che rappresenta due quartature successive.

Uno degli aspetti connessi con la preparazione del campione per l'analisi può essere quello di evitare contaminazioni del materiale. Nelle fasi di prelievo e trasferimento si devono usare precauzioni affinché non venga a contatto con sostanze estranee presenti nelle stesse mani dell'operatore o negli attrezzi che egli usa o nei contenitori in cui il campione viene conservato. Anche nella fase di macinazione si può verificare inquinamento da parte dei mezzi macinanti (mortai, mulini rotanti con sfere, ecc.) nel caso che questi contengano sostanze meno dure e quindi meno resistenti all'abrasione anche di un solo costituente del campione. Quando l'obiettivo dell'analisi è la determinazione di elementi in tracce, il problema può diventare più serio; bisogna allora ricorrere a mortai o mulini costituiti da materiali particolarmente puri, oltre che duri, e non si dovrà mai analizzare un elemento in tracce nel campione che sia un elemento principale contenuto nell'apparecchio macinante.

Oltre alla dimensione del singolo campione prelevato, un aspetto importante della fase di campionamento è il numero e la posizione dei campioni da prelevare in modo da soddisfare gli obiettivi dello studio analitico. Ovviamente il campionamento deve essere rappresentativo di tutte le caratteristiche del manufatto, anche se limitatamente allo scopo delle analisi. Quindi il numero di campioni è strettamente connesso al tipo di manufatto che si sta considerando e alle differenti situazioni di conservazione che si possono incontrare, per esempio:

- a) numero e tipo di materiali costituenti il manufatto;
- b) complessità della situazione archeologica o della struttura architettonica;
- c) fenomeni visibili di degrado da investigare;
- d) estensione della struttura archeologica o architettonica.

Il prelievo dei campioni deve tenere in considerazione le esigenze di conservazione del bene culturale in esame, per cui non deve essere eccessivamente invasivo, per evitare di produrre danni anche estetici, oltre che strutturali. Di conseguenza, la quantità di materiale prelevato deve sempre essere la minima possibile, garantendo da un lato la fattibilità del programma analitico e dall'altra le esigenze di conservazione. In ogni caso, è fondamentale la documentazione di tutto il percorso di campionamento, dando innanzitutto a ciascun campione una sigla di riconoscimento e annotando le caratteristiche di ciascuno e il loro punto di prelievo. Una documentazione fotografica di ciascuna area di raccolta dei campioni è sempre molto utile; nelle foto o in apposite mappe dovranno comparire le sigle dei campioni lì prelevati.

Gli strumenti per eseguire i prelievi di materiale possono essere molto diversi, in funzione delle caratteristiche dei manufatti e dei materiali da analizzare: scalpelli di diverse dimensioni, bisturi, trapano con punte di differente diametro, spazzole (per campioni polverulenti). Nel caso in cui un frammento risulti composto da parti diverse (come nel caso di intonaci, ceramiche smaltate, mosaici, ecc.), ogni parte dovrà poi essere analizzata separatamente. I campioni raccolti vengono infine conservati separatamente l'uno dall'altro in appositi contenitori, trasparenti o opachi, preferibilmente di plastica, di appropriate dimensioni.

Prima di iniziare il campionamento, è necessario avere una opportuna conoscenza della situazione che si deve rappresentare con la raccolta dei campioni, in modo da essere in grado di pianificare il più possibile la raccolta stessa. È pertanto necessario conoscere il problema che si intende risolvere con le analisi, avere un'idea generale della composizione dei manufatti, individuare le analisi che verranno eseguite (salvo successivi eventuali approfondimenti), avere una buona conoscenza dello stato di conservazione. In questo modo sarà possibile prevedere se si possono effettuare solo analisi non invasive, definire il numero e il tipo di campioni da prelevare, individuare le aree di prelievo più idonee o i punti su cui eseguire analisi non invasive.

Infine, vale la pena di sottolineare che la campionatura dovrebbe essere realizzata dallo specialista (o specialisti) che successivamente effettuerà le analisi, o quanto meno in sua presenza seguendo le sue indicazioni. Ad ogni modo, solo una buona intesa fra lo specialista delle analisi e, a seconda dei casi, l'archeologo o il restauratore può consentire il raggiungimento delle soluzioni ottimali.