

Tecniche di trattamento dei cadaveri che si adottano nei cimiteri e loro rapporto con l'ambiente

ING. DANIELE FOGLI

Responsabile Federgasacqua SEFIT (Italia) e Presidente del Comitato di Lavoro per i Cimiteri ed i Crematori della EFFS (Federazione Europea dei Servizi Funerari)

1. Premessa

I sistemi maggiormente utilizzati nel mondo per dare sepoltura ad un cadavere sono tre:

- 1) inumazione = sepoltura in terra del cadavere, generalmente contenuto in una cassa di legno;
- 2) tumulazione = sepoltura del cadavere, contenuto in una o due casse, all'interno di un loculo;
- 3) cremazione del cadavere, generalmente contenuto in una cassa, cui viene fatta seguire la dispersione o la conservazione delle ceneri.

Il mio intervento si pone l'obiettivo di valutare le questioni ambientali della gestione cimiteriale.

Non affronto le problematiche attinenti alla cremazione, cioè:

- il controllo delle emissioni in atmosfera dei crematori;
- l'inquinamento dei suoli dovuti ad alta concentrazione di ceneri disperse o sotterrate in essi;
- l'inquinamento delle acque derivante dalla dispersione delle ceneri.

Mi concentrerò essenzialmente sull'effetto che deriva all'ambiente dalla sepoltura massiva di corpi in cimitero e soprattutto sul caso della inumazione.

2. Funzioni di un cimitero

Il cimitero svolge principalmente due funzioni:

- 1) luogo di deposito e trasformazione dei cadaveri senza pericoli per la salute pubblica;
- 2) luogo di frequentazione da parte di chi vuole ricordare un defunto e contemporaneamente simbolo della memoria storica di una collettività.

Compito di chi pianifica, progetta e gestisce cimiteri è quello di procedere alla trasformazione di un cadavere in ossa (scheletrizzazione) o in ceneri (con la cremazione), rispettando le leggi locali e in particolare non determinando pericoli per la salute pubblica.

Vi è inoltre il fondamentale compito di identificazione dei luoghi del singolo seppellimento, nonché un corretto dimensionamento del fabbisogno di posti salma.

Accanto a questi compiti vi è anche quello di permettere la frequentazione del cimitero da parte dei visitatori per l'omaggio ai defunti.

3. Processi trasformativi di un cadavere

I processi di trasformazione di un cadavere sono sostanzialmente delle ossidazioni.

Questi possono essere:

- a) veloci (attraverso l'uso di crematori, con il risultato di avere delle ceneri);
- b) lenti (con il seppellimento in terra o con la tumulazione in loculo aerato, con il risultato di avere delle ossa);
- c) lentissimi, quasi una conservazione (con il seppellimento in loculo stagno, con il risultato di avere delle ossa e, spesso, una corificazione).

Più si facilita la ossidazione (e quindi la ossigenazione) e più rapidi sono i processi trasformativi. Per farlo, nella inumazione, si cercano suoli particolarmente adatti (sciolti, porosi, con poca umidità) o migliorati artificialmente (attraverso la creazione di scoli di acque superficiali attorno al cimitero, con riporto di terreni che posseggono le giuste caratteristiche o ancora aggiungendo sostanze biodegradanti, meglio se assieme ad humus).

Meno profondo è il piano di posa della bara nella terra e meno difficile è lo scambio di ossigeno con l'atmosfera, migliore è l'ambiente per le trasformazioni batteriche, più alta è la temperatura del suolo.

Tutti elementi che facilitano la decomposizione di un corpo.

Talvolta, nel seppellimento, le condizioni del cadavere e/o quelle del luogo di sepoltura conducono a processi intermedi.

Non si ottengono solo ossa, ma salme non decomposte interamente, con grado diverso di consistenza, che secondo le condizioni sono originati da processi di:

- a) saponificazione (trasformazione in adipocera, generalmente per eccesso di acqua o umidità nei suoli);
- b) mummificazione (per effetto di eccesso di aria, per disidratazione);
- c) corificazione (per tumulazioni in loculo stagno, in presenza di cassa metallica).

3.1. I fattori che influenzano il processo di scheletrizzazione

La possibilità che si attivi una corretta "scheletrizzazione" dei cadaveri – in relazione anche agli input negativi che rallentano, o impediscono, tale processo – è sicuramente in stretta relazione con una serie di fattori esterni ed interni ai cadaveri.

Di seguito elenco questi fattori ai fini di avere ben chiare le difficoltà a cui si va incontro e che bisogna risolvere nella progettazione e gestione dei cimiteri:

3.1.1. Fattori esterni al cadavere

- a) caratteristiche dei suoli, in particolare quelle microbiologiche e quelle fisiche (es.: tessitura, struttura, porosità e giusta aerazione);
- b) pH: condizioni di pH neutro sono l'ideale per i processi di decomposizione;
- c) profondità di sepoltura, che incide sia per l'ossigenazione, sia per l'accesso di vertebrati ed invertebrati, che possono agire sul corpo;
- d) grado di umidità dei terreni: che incide peggiorando le condizioni di scheletrizzazione, se l'umidità è alta;
- e) andamento stagionale delle falde (oscillazioni verticali stagionali, loro direzione di moto);
- f) caratteristiche climatiche;
- g) caratteristiche dei materiali con cui è costruita o è dipinta la cassa (es.: tipo di legname, truciolare, MDF, vernici);
- h) presenza in alcuni casi di una cassa metallica interna (generalmente di zinco);
- i) arredi mortuari interni alla cassa (es.: cuscini, tessuti, ecc. in materiale sintetico);
- j) indumenti del morto, sempre più frequentemente in tessuti artificiali;
- k) inumazione o collocazione in un loculo stagno o aerato.

3.1.2. Fattori interni al cadavere

- a) svuotamento della salma dopo l'autopsia, che elimina una importante "porta" di inizio dei processi batterici tipici della decomposizione;
- b) processi conservativi, come la tanatoprassi, che necessitano della iniezione di una certa quantità di composti a base di formaldeide, potente inibitrice della attività batterica;
- c) medicinali – o più in generale cure mediche – che sicuramente possono influire sull'attività batterica (antibiotici, chemioterapici, ecc.);

d) interazioni tra la salma con i liquidi cadaverici prodotti da un lato e la cassa di zinco ed i rivestimenti interni dall'altro, con trasformazioni non desiderate nei tessuti organici e/o formazione di composti intermedi che rallentano od impediscono la regolare scheletrizzazione.

I risultati indotti da questi fattori, o meglio da loro combinazioni, portano ad un rallentamento totale o parziale dei processi di decomposizione dei cadaveri con conseguenze nella gestione dei cimiteri.

4. Riflessi ambientali dovuti ai cimiteri

Tralascio, in questa sede, di analizzare le problematiche all'ambiente dovute alla frequentazione dei visitatori. Essi generano traffico e conseguentemente rumore, emissioni in atmosfera connesse alla andata al cimitero con mezzi di locomozione.

Sono problemi del tutto simili a quelli di un qualunque altro polo di aggregazione sociale (come può essere un ipermercato, un ospedale, uno stadio, ecc.).

Mi concentrerò invece sulle possibili contaminazioni ambientali proprie del cimitero:

- a) la possibilità di contaminazione delle falde acquifere;
- b) la contaminazione dei suoli di inumazione.

Un cimitero a prevalente sistema di inumazione è assimilabile, per gli effetti sull'ambiente, ad una discarica di materiale organico, senza membrana sotterranea di protezione e con possibilità di diluizione e dispersione della materia organica nel terreno e nelle falde circostanti.

La decomposizione dei cadaveri determina potenziali inquinanti chimici, in cui prevalgono composti a base di carbonio, ammoniaca, cloruri, solfati, sodio, potassio.

La Tabella 1 mostra la composizione di un corpo per composti (come massa in g. di un corpo di 70 Kg.).

Tabella 1 – Composizione di un corpo per composti (come massa in g. di un corpo di 70 Kg.)

Element	Mass (g)
Oxygen	43000
Carbon	16000
Hydrogen	7000
Nitrogen	1800
Calcium	1100
Phosphorus	500
Sulfur	140
Potassium	140
Sodium	100
Chlorine	95
Magnesium	19
Iron	4.2
Copper	0.07
Lead	0.12
Cadmium	0.05
Nickel	0.01
Uranium	0.00009
Total body mass	70000

La Tabella 2 mostra la composizione di un corpo per tipologia strutturale (come massa in g. di un corpo di 70 Kg.).

Tabella 2 – Composizione di un corpo per tipologia strutturale (come massa in g. di un corpo di 70 Kg.)

Tissue	Mass (g)
Total body mass	70000
Skeletal muscle	28000
Adipose tissue	15000
Bone	5000
Cartilage	1100
Periarticular tissue	900
Marrow	3000
Skin	4900
Liver	1800
Brain	1400

La Tabella 3 riporta invece una valutazione qualitativa sulla degradabilità di un corpo umano.

Tabella 3 – Valutazione qualitativa sulla degradabilità di un corpo umano in bara

Degradability	Percentage
High	60
Moderate	15
Slow	20
Inert	5

La Tabella 4 indica i potenziali inquinanti di un corpo umano di 70 Kg. inumato, nell'arco di 10 anni di sepoltura in terra.

Tabella 4 – Esempio dei potenziali inquinanti di un corpo umano di 70 Kg. inumato, nell'arco di 10 anni di sepoltura in terra

Year	Potential mass release (g)					
	C	NH4	P	SO4	Cd	Ni
1	6000.0	870.0	250.0	210.0	0.01875	0.00375
2	3000.0	435.0	125.0	105.0	0.009	0.002
3	1500.0	217.5	62.5	52.5	0.005	0.001
4	750.0	108.8	31.3	26.3	0.002	0.000
5	375.0	54.4	15.6	13.1	0.001	0.000
6	187.5	27.2	7.8	6.6	0.001	0.000
7	93.8	13.6	3.9	3.3	0.000	0.000
8	46.9	6.8	2.0	1.6	0.000	0.000
9	23.4	3.4	0.98	0.82	0.000	0.000
10	11.7	1.7	0.49	0.41	0.000	0.000

Si tratta di tabelle tratte da studi recentissimi svolti dalla Environment Agency della Gran Bretagna (Aprile 2004).

La contaminazione delle acque può seguire due strade:

- a) dall'alto, per effetto della lisciviazione dei terreni conseguenti la percolazione delle acque meteoriche (per pioggia), che scendendo nel terreno lambiscono il corpo in degradazione, trasciano taluni composti verso il basso e in particolare verso la falda acquifera. L'elemento

più importante per la garanzia dall'inquinamento delle acque è la zona di terreno compresa tra la falda acquifera e il piano di posa della bara. Questo strato di terreno fa da filtro per i germi patogeni che vengono trattenuti, soprattutto se il terreno è limoso o argilloso;

b) dal basso, se la falda acquifera è talmente alta da lambire, nei periodi di massimo carico (nelle stagioni delle piogge) la zona di sepoltura del corpo.

Per ridurre gli effetti del possibile inquinamento delle falde acquifere si scelgono terreni dove realizzare cimiteri con particolari caratteristiche del suolo e soprattutto con la falda acquifera, nel punto di sua massima risalita, a distanza dal piano di appoggio della bara. Il franco minimo cambia tra i diversi Paesi: si va da 30 cm. dell'Olanda a 50 cm. dell'Italia, a 70 cm. della Gran Bretagna. È generalizzato avere, invece, uno strato di terreno fra il coperchio della bara ed il piano di campagna di almeno 65 cm., più spesso di 100 cm..

In termini di protezione dell'ambiente il suolo migliore è quello ricco di argilla, perché rende difficile la percolazione dei liquami cadaverici verso le falde (si pensi che la prima linea di difesa di una discarica di rifiuti è proprio uno strato argilloso). Come detto sopra è esattamente l'opposto del tipo di suolo che occorre per facilitare la scheletrizzazione, cioè sciolto, poroso.

Per cui l'ideale sarebbe disporre di uno strato di terreno superficiale sciolto e poroso e sotto di esso, prima della falda freatica, uno strato di argilla.

Altra garanzia dall'inquinamento delle falde è quello di distanziare opportunamente il cimitero da corsi d'acqua (almeno 30 metri), da pozzi per il consumo d'acqua da bere da parte dell'uomo o di animali (almeno 200-250 metri, secondo le indicazioni di diversi Paesi), da scoline di campi coltivati (almeno 10 metri).

Dal punto di vista microbiologico, gli studi fino ad ora condotti sulla diffusione di germi patogeni all'esterno di cimiteri sono concordi nel ritenere che tale pericolo sia molto limitato e circoscritto nella immediata vicinanza del cimitero (10 metri).

Se da un lato i processi di tanatoprassi consentono una migliore presentabilità di una salma ai propri parenti per diverso tempo dopo la morte, in maniera da consentire anche a chi è distante di tornare per visionare il proprio caro senza effetti putrefattivi, le modalità e soprattutto le sostanze chimiche che si utilizzano hanno effetti ritardanti sui processi di decomposizione (ancor più accentuati nel caso di tumulazione in loculo stagno) e di rilascio di potenziali inquinanti nel suolo cimiteriale (in caso di inumazione).

In Gran Bretagna, l'Environment Agency in "Assessing the groundwater pollution potential of cemetery developments", ha recentemente diffuso (aprile 2004) uno studio nel quale si analizzano tali riflessi sui suoli.

Nella ipotesi che un corpo soggetto a tanatoprassi contenga 180 g. di formaldeide (in 9 litri di liquidi usati per la tanatoprassi, che si esegue circa nel 50% dei decessi) e assumendo che il 50% di questa si degradi rapidamente durante i processi di decomposizione del corpo, è stato calcolato – in presenza di manto erboso che rallenta la percolazione rapida delle acque meteoriche – che la concentrazione di formaldeide nei liquidi effluenti nel primo anno di sepoltura è di 90 mg/l¹. Tale concentrazione, quattro anni più tardi si riduce a circa 1/20; al termine dei 10 anni, considerati il periodo medio di scheletrizzazione, presenta tracce non significative.

Altri studi (Chan, G. S., Scafe, M. and Emami, S., 1992 "Cemeteries and groundwater: An examination of the potential contamination of groundwater by preservatives containing formaldehyde. Ontario Ministry of the Environment, Water Resources Branch Publication PIBS 1813, 11pp.") giungono invece a considerare necessaria la effettuazione di ulteriori analisi, in presenza di sepoltura in terra di cadavere sottoposto a processi di tanatoprassi, visti gli alti livelli di inquinamento trovati nelle acque vicine a 6 cimiteri.

Anche negli USA sono in corso valutazioni sulla tossicità dei composti chimici usati nella tanatoprassi (di norma formaldeide cancerogena) non solo per il personale che esegue materialmente la tanatoprassi, ma anche sugli effetti per i cimiteri.

Dai dati in nostro possesso non si è quindi ancora in grado di assumere un preciso orientamento in merito, anche se si ritiene debbano essere condotti studi approfonditi per valutare nel medio lungo termine gli effetti dei liquidi di tanatoprassi per l'ambiente, ma soprattutto per gli effetti di rallentamento dei processi trasformativi del cadavere in sole ossa, determinandosi invece una sorta di mummificazione dello stesso per effetto dei processi che intervengono.

La contaminazione dei suoli circondanti la bara è invece data dalla elevata concentrazione di determinati composti chimici, rilasciati nel processo di trasformazione.

Occorre quindi ad ogni esumazione procedere ad arieggiare il terreno, addizionandolo, ove necessario, di sostanze capaci di ripristinare le originarie condizioni dei suoli, per ottenere un miglioramento delle condizioni di sepoltura cicliche.

In casi particolarmente gravi occorre mettere in atto processi di disinquinamento o effettuare la sostituzione dello strato di terreno interessato.

5. Le sepolture a sistema di tumulazione

La costruzione di loculi, siano essi aerati o stagni, è generalmente motivata da:

- a) zone dove le caratteristiche dei suoli o l'altezza della falda freatica non consente di avere processi di scheletrizzazione efficienti nel cimitero;
- b) limitatezza degli spazi a disposizione, che consigliano il massimo sfruttamento delle aree esistenti;
- c) usi e tradizioni locali.

La soluzione tecnologica più valida è quella dei loculi aerati, capaci di fornire tempi di scheletrizzazione dell'ordine massimo di quelli di inumazione di un corpo in terra (10 anni).

Invece i loculi stagni svolgono funzioni conservative, con tempi di scheletrizzazione molto alti (mediamente sui 30-40 anni o anche più).

La costruzione di tombe di famiglia e cripte aerate deve essere tale da consentire la sufficiente entrata, circolazione ed espulsione dell'aria. L'espulsione dell'aria dalla tomba di famiglia o cripta non deve causare nessun disagio. Se necessario, quest'aria verrà scaricata nell'atmosfera attraverso un efficace filtro rimuovi-odori.