

Argamasas de cal en la restauración de fortificaciones*

Maria Isabel Kanan

Las fortificaciones brasileñas componen un patrimonio significativo del período colonial, que atestigua la disputa por el dominio, la demarcación y la defensa territorial que dio origen a ciudades y configuró paisajes a lo largo del país. De acuerdo con Oliveira (2004), estas fortificaciones son expresiones valiosas del patrimonio militar moderno en el contexto del Atlántico. El conjunto protegido por el Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) está conformado por cuarenta y tres fortificaciones distribuidas por la costa y el interior; más de la mitad de las cuales ya habían sido declaradas como objeto de conservación en 1938 (Decreto de Ley No. 25 de 1937). En Bahía, por ejemplo, se encuentra el mayor número de obras, diez fortificaciones.

De acuerdo con el arquitecto e historiador Lemos (2003), la historia de la arquitectura militar colonial en Brasil se divide en cuatro etapas:

La primera, desde los primeros años de la fundación hasta 1640, período en el que el ataque holandés amenazó la integridad de la costa brasileña; la ciudad de Salvador (1549), fue el primer lugar de defensa, y sus murallas estaban construidas en tapia pisada, pero de esta fase constructiva prácticamente no quedó nada, a no ser remanentes arqueológicos. La segunda, abarca el período en el que los holandeses permanecieron en la costa de Pernambuco (1630 a 1654). La tercera, abarca el período de soberanía portuguesa a pesar de que permanecieran indefinidas las demar-

caciones con los territorios españoles. Y la cuarta, abarca el período de conflicto por las fronteras entre Portugal y España.

Las fortificaciones están localizadas a lo largo de la costa, en posiciones estratégicas, como el fuerte de São Marcelo, que avanza hacia el mar; en islas, como el sistema defensivo de Ilha de Santa Catarina, pero también en el interior, como por ejemplo, el fuerte Príncipe da Beira (1776), localizado en el río Guaporé (estado de Rondônia), conocido por sus cuatro baluartes a la “Vauban”, para impedir que los españoles invadieran la Amazonia y llegaran al Atlántico.

Actualmente, la importancia de este patrimonio se extiende como parte de los paisajes marítimos y polo de atracción turística, a la vez que cuenta con un gran potencial para actividades de ocio y educación, así como elemento de referencia para las comunidades vecinas y medio de empleo. Pero, al mismo tiempo enfrenta el desafío de estar compuesto por lugares abiertos a la visita del público, que carecen de una política capaz de garantizar su conservación. Es por esto y por la complejidad de sus valores y necesidades, que requieren una visión interdisciplinaria e integrada, una reflexión y acción conjunta de diversos profesionales, administradores y empresas que trabajan con estos bienes, además de la gestión institucional y de la participación social.

Tras décadas de actuación del IPHAN, este patrimonio presenta diferentes estados y for-

* Todo el material gráfico es propiedad de la autora. Texto original en portugués, traducido por Paula Botero Correa.



Figuras 1 y 2:
Fuerte de Santa Catarina do Cabedelo, Paraíba, 2004. Edificios completamente restaurados.



Figuras 3 y 4:
Cuartel de la tropa de la fortaleza de Santa Cruz de Anhatomirim, 2004-2005. Edificio emblemático. Restaurado manteniendo el aspecto "texturizado" de las superficies del revoque.



Figura página anterior:
Cuartel de la tropa de la fortaleza de Santa Cruz de Anhatomirim, 2004. Edificio emblemático. Restaurado manteniendo el aspecto "texturizado" de las superficies del revoque.

mas de conservación, en cuanto al ambiente arquitectónico, el uso, la integridad del material histórico, las técnicas constructivas, los criterios de intervención adoptados, la estabilidad estructural, el estado de conservación, las policromías de los paramentos, el revestimiento y otros aspectos. Todos ellos son condicionantes importantes para la definición de los criterios que han de orientar las técnicas a implementar, entre ellas la elección de los materiales de las argamasas, revoques y tintas para la conservación y restauración.

La escogencia del material es un aspecto importante en la conservación y restauración de los bienes inmuebles, y tiene una influencia no sólo en la conservación de las características de la construcción y de la integridad del material construido sino también en la prevención de daños, la durabilidad de la estructura a través del tiempo, y la facilidad del mantenimiento.

El objetivo de este artículo consiste en identificar los problemas de conservación de los paramentos de las fortificaciones y trazar directrices técnicas para el área conceptual, metodológica y preventiva del uso de la cal en obras de conservación y restauración que puedan orientar futuros proyectos y programas de colaboración técnica.

Características constructivas

Paramentos y estado de conservación

Entre las técnicas que fueron empleadas en la construcción de los paramentos de las fortificaciones brasileñas encontramos la tapia pisada (en las primeras construcciones), la albañilería de piedra y cal, muchas veces intercalada con ladrillo, y la tierra, que también fue empleada entre los paramentos de albañilería. Según Oliveira (2004), la tapia de hormigón, (tierra estabilizada con cal), fue utilizada en la antigua muralla de la ciudad de Salvador.

Las diferentes estratigrafías constructivas de los paramentos en piedra (arenisca, granito, mármol, y otros tipos), revocados o no, aún no fueron inventariadas ni documentadas. Por lo tanto, tampoco existe un registro sistemático de las patologías que permita realizar un

diagnóstico del estado de conservación y un plan de preservación.

Una rápida inspección visual permite ver los problemas de conservación de estos bienes: las estructuras carecen de *capeamentos* o de un adecuado mantenimiento, por lo cual el agua se está filtrando y está lavando las juntas y los núcleos constituidos de tierra, quedando sin material de aglomeración, por lo que el trabajo de albañilería se está desagregando, poniendo en riesgo la integridad y la estabilidad estructural, sin que haya un programa de conservación preventiva y de mantenimiento sostenible.

Es necesario afianzar varios tramos, construir los *capeamentos* en las extensiones de los paramentos, reintegrar los trechos destruidos en la parte superior de las ruinas, y realizar mantenimiento a las áreas ya reconstituidas; lo que demandará la definición de los diferentes criterios de intervención y los materiales adecuados para la conservación de las fortificaciones.

Características de las argamasas

Las argamasas y revoques de las fortificaciones fueron producidos muy probablemente con los métodos de construcción de la época, a partir de tierra y cal y materiales presentes en el lugar; sin embargo, las características químicas, físicas y mecánicas de estas argamasas aún no han sido analizadas de manera sistemática. A pesar de las similitudes constructivas, en cada caso varían la estratigrafía, las funciones, texturas y policromías de los materiales pétreos, así como del revoque y las pinturas.

Además de ello, con las intervenciones y los variados criterios adoptados en las obras de conservación, restauración y mantenimiento, hubo una inserción de componentes de una tecnología más reciente, como el concreto, el cemento artificial y las tintas plásticas y la modificación de la naturaleza estructural y microfísica de los sistemas tradicionales de construcción.

A continuación se ofrece una síntesis de los métodos de producción y las principales características de los componentes de argamasas elaboradas a partir de la cal; además de las tipologías de producción más reciente, que pueden ayudar a entender las argamasas históricas y de restauración utili-



N del E: capa de revestimiento de la mampostería que se hace para proteger contra las infiltraciones.

Figuras 5 a 8:
Fuerte de Santo Antonio, Ilha de Ratonas, Santa Catarina: después de la intervención de 1990. Parcialmente reconstruido con piedras de ruinas y revocado para distinguir el material de la propia ruina.

Figuras 9 a 11:
Fuerte de Nossa Senhora dos Remedios, 2004. Edificio en ruinas.



zadas en las fortificaciones a lo largo de los años:

PRODUCCIÓN

Quema: históricamente, la cal fue producida en hogueras y hornos de barranco a temperaturas entre 850 y 900°C.

Materia prima: la materia prima para la producción de cal puede provenir de los siguientes tipos:

- Cal de conchas de animales marinos: mariscos, ostras, etc.
- Cal calcárea pura calcítica CaCO_3 .
- Cal calcárea dolomítica $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$.

En Brasil predominó la cal producida a partir de conchas de animales marinos desde el período colonial hasta 1960, cuando fue prohibida la destrucción de los lugares arqueológicos tipo Sambaqui, usados como fuente de carbonato de calcio para la producción de cal. La cal de cascara de conchas fue la más utilizada antes de la introducción del cemento artificial. De acuerdo con Mueller & Kanan (2005), la cal de conchas exhibe características especiales, es fácil de trabajar y

tiene propiedades hidráulicas débiles que mejoran la durabilidad sin aumentar mucho la resistencia.

AGLOMERANTE PRINCIPAL Y ADITIVOS

Los aglomerantes más comunes en las fortificaciones fueron la tierra, la cal pura, y sólo raras veces los aditivos hidráulicos. Esta es la evolución de sus posibles composiciones:

- Tierra
- Tierra + cal no hidráulica o cal aérea.
- Cal + material puzolánico¹ (polvo de cerámica, tierras volcánicas).
- Cal aérea + cal hidráulica².
- Cal + cemento Portland (intervenciones anteriores a la restauración).
- Cal + cemento Portland / o sólo cemento (intervenciones de restauración).

HIDRATACIÓN

Existen cuatro procesos tradicionales de hidratación de la cal usados históricamente:

- Introducción de cal virgen en el agua: producción de pasta de cal³.

1 Según Oliveira (2004, p. 151), en los estudios realizados en Salvador, a pesar de que no fuera común la presencia de material puzolánico, se encontró polvo de cerámica (ladrillo/teja) en el basamento de las plataformas de artillería del Fortinho de São Alberto o de Lagartixa.

2 Cal hidráulica natural (calcárea impura con presencia de arcilla) fue producida en Europa a partir de mediados del siglo XVIII, no hubo producción en Brasil; puede haber sido importada o utilizada a partir de finales del siglo XIX.

3 Éste es el proceso más utilizado actualmente en la producción de argamasas de restauración.

- Agua en la cal virgen: producción de pasta de cal.
- Agua en la cal en pequeña cantidad: cal en polvo.
- Agua en la mezcla de cal virgen con arena: producción de argamasa.

AGREGADO

A lo largo de la historia fueron utilizados diversos tipos de agregados en la composición de las argamasas:

- Barrillo (barro arenoso).
- Arena de cuarzo.
- Arena de carbonatos (conchas de animales marinos, mármol, dolomita, restos de argamasa reutilizada).

En Santa Catarina se percibe, a través de exámenes visuales, que las argamasas que presentan fragmentos de conchas marinas (granulometría por encima de 0,075 mm) se comportan como la arena y no como un aglomerado. Mueller & Kanan (2005) examinaron las argamasas con estas características y los análisis petrográficos mostraron que estos frag-

mentos fueron parcialmente calcinados debido al método de la época.

COMPONENTES ORGÁNICOS

Componentes usados tradicionalmente en argamasas y tintas a base de cal:

- Aceites: aceite de ballena, aceite de linaza.
- Proteínas: caseína.
- Polisacáridos: mucílago de plantas como cactus y sisal.

Muchos componentes orgánicos pueden haber sido adicionados a las argamasas y pinturas históricas para modificar la calidad y el desempeño. En Santa Catarina se habla mucho del uso de aceite de ballena como aditivo de las argamasas, pero aún no hay estudios que comprueben la calidad y la cantidad de estos aditivos.

Conceptos y metodologías recomendadas

De acuerdo con la tendencia actual y las recomendaciones de organismos internacionales,



Figuras 12 y 13:
Fuerte de São Pedro do Boldró, en Fernando de Noronha, 2004. Edificios en ruinas.

Figuras 14 y 15:
Fuerte do Buraco, entre Olinda y Recife, 2004. Edificio en ruinas.

Figuras 16 a 19:
Murallas de Atienza, España, 2005. Proyecto y obra coordinada por el IPHE. Trabajos de sustentación de tramos destruidos, desagregados o faltantes, utilizando piedras de la misma muralla, similares, o piedras artificiales y argamasas de cal, así como concreto con cal hidráulica y tierra de varios colores.



la línea determinante en la conservación de los bienes culturales, es la formulación y aplicación de estrategias de prevención del deterioro. (Packard en Kushel, 1994; Conferencia Internacional de Cracovia, 2000; Instituto del patrimonio histórico español (IPHE), s.f.). Basados en estas tendencias actuales, muchos países europeos han realizado mapas de riesgos de su patrimonio cultural como instrumento básico para el desarrollo de estrategias de conservación sostenible (Cassar, 2001; Zendher, 2004). Es necesario monitorear, dar mantenimiento continuo, tratamientos reversibles, susceptibles de ser reaplicables y utilizar materiales compatibles.

En cuanto al caso brasileño, muchas de las fortificaciones están siendo conservadas con materiales inadecuados. El cemento y el concreto, por ejemplo, si no son usados con cuidado ni conocimiento técnico, pueden alterar las condiciones microestructurales y es-

tructurales de forma irreversible, y por esto son considerados perjudiciales dentro de una visión preventiva y sostenible. Según Cassar (2001), hace falta comprender cómo interactúan los materiales en condiciones internas, externas y bajo tierra. La autora también afirma que es necesario identificar materiales tradicionales que sean durables y puedan ser aplicados en nuevas construcciones de manera sostenible y en tratamientos contemporáneos de conservación, desarrollar sistemas que puedan monitorear y evaluar los tratamientos de conservación y que la evaluación sobre el comportamiento de argamasas de restauración a base de cal y otras combinaciones es esencial para planear acciones futuras de conservación, pues entre los múltiples agentes contaminantes, el SO_2 es el principal, y causa más daños a las argamasas hidráulicas que a las no-hidráulicas como la de cal aérea.

Debido a esta visión preventiva y sostenible, muchos países europeos y latinos ya vienen adoptando el uso de cal en las obras de restauración. En Suecia, el National Property Board considera el uso de cal como un prerrequisito para una restauración calificada (Malinowsky, 2005); en España, el Instituto de Patrimonio Histórico Español - IPHE, viene utilizando la cal en las obras de sustentación, reparaciones de revoques y paramentos en piedra, en varios bienes fortificados; en México el Instituto Nacional de Antropología e Historia - INAH, adopta la misma postura. En Santa Catarina, desde 1996, el IPHAN está difundiendo a todo el Brasil el uso de cal para la conservación de bienes culturales a través de cursos y el entrenamiento de equipos de obra, y recientemente inició un trabajo experimental y preventivo en la fortaleza de Santa Cruz, ilha de Anhatomirim.

Ventajas y desventajas del empleo de cal en trabajos de intervención arquitectónica

Los revocos, argamasas y acabados desempeñan importantes funciones en las estructuras de las mamposterías y contribuyen tanto en la apariencia visual como en la conservación del edificio. Las argamasas antiguas guardan evidencias sobre la historia constructiva

del edificio, (métodos y materiales), por lo que deben ser preservadas por el mayor tiempo posible, así como también deben ser usadas como parámetros de definición de nuevos métodos y materiales que serán empleados para conservar y mantener el edificio histórico.

Cuando son necesarias reparaciones y sustituciones de argamasas, revocos y acabados a base de cal, no es necesario que los materiales de sustitución sean idénticos a los antiguos, sin embargo, deben presentar características químicas, físicas y estéticas compatibles con los materiales de sustrato y con los que están en contacto. Las propiedades de los aglomerantes y de la arena (color y textura) influyen en la resistencia, porosidad, retracción y muchas otras características físicas y visuales de las argamasas y acabados.

Los materiales a base de cal son recomendables por armonizar e influir en el comportamiento higroscópico de los sistemas tradicionales de construcción, además, con el paso del tiempo, si se tiene un buen mantenimiento, este material aumenta su resistencia mecánica y durabilidad.

Contrariamente a la cal el uso de materiales como el cemento Pórtland, en casos de conservación de estructuras construidas con sistemas tradicionales, presentan incompatibilidad de propiedades. Las argamasas de cemento endurecen rápidamente, en contraste a las estructuras antiguas que se acomodan lentamente a las acciones del tiempo y de las intervenciones; además, estas argamasas son más impermeables y retienen más humedad debido al gran número de poros pequeños en comparación con las argamasas a base de cal.

Otras dificultades son su mayor rigidez, excesiva resistencia y adherencia a los materiales de sustrato y de contacto de la estructura. Estos comportamientos pueden causar estrés y daños en los materiales más porosos y más sensibles del muro, y dificultades para ser retirados o mantenidos posteriormente, creando zonas de mayor rigidez interna lo que puede alterar las características de comportamiento estructural; sobre todo cuando son introducidos excesivamente y aplicados como fluidos en la consolidación de las mamposterías.



Obras de intervención con argamasas a base de cal

En función de la gran complejidad que el conjunto de fortificaciones significa, se elaboró una metodología de análisis, diagnóstico, proyecto, organización y planeamiento de las obras de intervención con cal que se basa en criterios de intervención aplicables a cualquier bien edificado y a las especificaciones constructivas de las fortificaciones, que también podrá ser utilizada como una herramienta para otros bienes de características similares.

ANÁLISIS/DIAGNÓSTICO Y PROYECTO (ESTUDIOS PREVIOS)

ESTUDIOS Y LEVANTAMIENTO EN EL SITIO

- Recolectar datos históricos sobre los sistemas constructivos y las intervenciones realizadas.



Figuras 20 y 21:
Castillo de Embid,
España, 2005. Proyecto
y obra coordinada por el
IPHE. Inicio de los
trabajos de sustentación
de los paramentos y
torres utilizando
argamasas de cal aérea y
mezclas con tierra de
varios colores.

- Hacer exámenes visuales y prospecciones de las características constructivas:
 - Estratigrafía de los diferentes paramentos.
 - Estratigrafía de los revocos (número de capas), texturas, color, pintura y otras características.
 - Tipologías de técnicas constructivas: áreas de revocos originales, áreas sustituidas.
- Identificar y mapear las características y problemas (definir un léxico común):
 - Estudios del entorno y medio ambiente - clima, tipos de contaminación, nivel freático.
 - Estudios estructurales/geotécnicos.
 - Estudios de humedad/infiltraciones, evacuación de drenajes, humedad ascendente, materiales higroscópicos (piedras y argamasas), condensaciones.
 - Estudio de las sales/áreas con eflorescencias, desagregación material, desprendimiento de manchas.
 - Identificar las características de las argamasas en el sitio⁴.
- Comportamiento con el agua: gotear agua sobre la superficie y analizar la absorción capilar, homogeneidad del aglomerante, o diferencias del comportamiento capilar de las distintas partes dentro de la argamasa.
- Comportamiento mecánico: intentar desintegrar la argamasa con los dedos.

⁴ Procedimiento simple para evaluar el comportamiento y las características de las argamasas que pueden ser aplicadas en campo. (Blæur-Bohem, 2005).

- Calidad del aglomerante: gotear reactivos químicos, micropruebas con HCL pueden indicar el aglomerante (mucha efervescencia durante la disolución con HCL es señal de mucha cal) y aplicación de fenolftaleína puede indicar la profundidad de carbonatación (una fuerte reacción con fenolftaleína en solución 1% alcohol, el color rosado indica que la argamasa aún es alcalina, y no está completamente carbonatada).

Análisis en el laboratorio

Analizar características de las argamasas a través de la recolección e investigación en el laboratorio.

- Definir el objetivo de los análisis.
- Recolectar muestras.
- Describir las características macroscópicas.
- Caracterizar las argamasas:
 - Componentes: distinguir argamasas de cal aérea y argamasas con aditivos hidráulicos (puzolana, cal hidráulica o cemento Portland), distinguir argamasas de cal dolomítica y calcítica.
 - Características físicas y estructurales, morfológicas: capas de revoque y pintura.
 - Tamaño de los granos, forma y color de los agregados.
 - Porosidad, absorción capilar, etc.
 - Agentes de degradación: sales, agentes contaminantes, humedad, y otros.
- Definir los ensayos: análisis químico, difracción por rayos x, microscopía óptica y otros. Los análisis de láminas delgadas han sido muy utilizados.
- Caracterizar el material pétreo (de ser necesario).
 - Estudio petrográfico y petrofísico.
 - Tipos de material pétreo.
 - Patologías de los materiales pétreos.
- Deterioro biológico.
 - Estudio macroscópico.
 - Caracterización microbiológica.
 - Estudio de tratamientos: limpieza mecánica, pulpas de papel, etc.

DIAGNÓSTICO

Elaborar diagnóstico de los datos reunidos y definir criterios y directrices de intervención (monitoreo, conservación, sustentación, restauración).

PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Proponer los tratamientos y las intervenciones de carácter urgente o preventivo o curativo.

- Techos y cubiertas provisionales, abrigos temporales para la protección de paramentos arruinados.
- Monitoreo de los problemas y degradaciones: humedad, eflorescencias de sal, etc.
- Retiro de revoques deteriorados, contaminados o incompatibles. Recuperación de infiltraciones y aplicación de revoques de sacrificio.
- Recuperación de grietas, estabilización o consolidación de la mampostería.
- Desalinización a través de revoques de sacrificio, aplicación de emplastes con pulpa de papel.
- Control de la humedad a través de mejoras en el entorno, corrección de niveles del piso, ejecución de aeración, drenajes, ventilación, etc.
- Consolidación del núcleo de la mampostería, con argamasa fluida a base de cal y aditivos hidráulicos o tierra fluida estabilizada con cal.
- Reintegración de revoques faltantes usando como criterio las características de los paramentos y argamasas existentes.
- Consolidación de superficies de revoque y pisos cerámicos con agua de cal.
- Conservación y mantenimiento de superficies con limpiezas.
- Otros tratamientos.

PLANEACIÓN Y OBRA

MATERIALES E INFRAESTRUCTURA (PROCEDIMIENTOS):

- Selección del tipo de cal a ser utilizada: cal virgen hidratada en la obra o cal hidratada en polvo.



- Preparación de la pasta/tiempo de mantenimiento.
- Pruebas experimentales en el sitio: trazos, textura, acabado.
- Herramientas y equipos necesarios.
- Ensayos de las argamasas frescas y curadas en el sitio.
- Almacenamiento de materiales: arena, cal, herramientas.
- Equipos y andamios.

SECUENCIA DE LOS SERVICIOS

- Evaluación, mareamiento, investigación y recolección de muestras.
- Selección y preparación de los materiales: pasta de cal, arena, (granulometría, trazo y consistencia).
- Entrenamiento de los equipos.
- Retiro de revoques y/o argamasas de las juntas.
- Pruebas con las muestras.
- Preparación del soporte, limpieza de superficies y profundización de fugas.

OBRA

- Secuencia para los revoques:
 - Preparación de la argamasa.
 - Humedecimiento.
 - Aplicación de la primera capa de regularización (relleno de vacíos).

Figuras 22 y 23:
*Quartel da Tropa, en
 Santa Cruz de
 Anhatomirim, 2005.
 Restauración de un
 tramo de revoque y
 capeamentos de los
 contrafuertes. Estado de
 la pared antes y durante
 los trabajos de interven-
 ción que se están
 realizando.*



5 Cuidados preventivos (también se refiere a conservación preventiva): la mitigación del deterioro y daño de los bienes culturales a través de la formulación e implementación de políticas y procedimientos para el almacenamiento, manejo y mantenimiento; exhibición, embalaje, transporte y uso; manejo integral de plagas; preparación y respuestas ante emergencias y cambio de formato/duplicación. (Packard, en Kushel, 1994).

Preventive Care (also referred to as preventive conservation): the mitigation of deterioration and damage to cultural property through the formulation and implementation of policies and procedures for the following: appropriate environmental conditions; handling and maintenance procedures for storage, exhibition, packing, transport, and use; integrated pest management; emergency preparedness and response; and reformatting/duplication. (Packard, en Kushel, 1994).

- Humedecimiento.
 - Primera mano bien diluida.
 - Intervalo de 12 horas.
 - Las demás capas en aplicaciones cruzadas (mínimo 7 manos).
- ACOMPAÑAMIENTO Y MANTENIMIENTO*
- Monitoreo de las superficies ejecutadas.
 - Ensayos de carbonatación. Evaluación del proceso de cura mediante pruebas simples con fenolftaleína.
- Consideraciones y recomendaciones estratégicas**
- Considerando el panorama y la situación de las fortificaciones y de las tendencias actuales relacionadas con la conservación y la restauración del patrimonio construido, sería recomendable hacer una reflexión conjunta, entre los distintos actores involucrados en la conservación de las fortificaciones (administradores, profesionales, empresas), de modo que se pueda llegar a definir metas y programas técnicos en común, que conduzcan a la elaboración de una metodología adecuada de intervención y garantizar la conservación de estos bienes. Sería muy importante desarrollar estrategias y acciones preventivas⁵ capaces de mitigar y contener el deterioro de los materiales de construcción o factores y acciones que afectan su descomposición. Entre estas directrices preventivas se recomienda evitar intervenciones drásticas innecesarias, además de los criterios de mínima intervención; es importante realizar un mayor monitoreo de las condiciones y un mantenimiento cuidadoso y regular, en lugar de especificar directamente tratamientos para la conservación-restauración. Documentar las características de construcción, identificando las diferentes tipologías constituyentes de las fortificaciones, mapear patologías, calcular riesgos, mejorar el diálogo entre científicos y personal técnico, realizar más entrenamientos en las obras, conseguir más material didáctico, ampliar la participación de la comunidad y de los administradores en los programas de formación y educación patrimonial, todas éstas son medidas preventivas que mitigarían los efectos de deterioro avanzado y ga-
- Aplicación de la 1 capa de revoque.
 - Aplicación de la 2 capa de revoque.
 - Aplicación de acabado de revoque.
 - Aplicación de la pintura del revoque nuevo (no curado).
 - Aplicación de pintura de revoque antiguo.
 - Protección contra el sol, lluvia, viento y control de la humedad durante el tratamiento.
 - Secuencia para las juntas (reintegración de mampostería de piedras o ladrillos):
 - Preparación de la argamasa.
 - Humedecimiento.
 - Aplicación de la argamasa (empujando con la espátula en los orificios).
 - Acabado y limpieza.
 - Secuencia para los *capeamentos*.
 - Preparación de la argamasa.
 - Humedecimiento.
 - Aplicación de una o más capas de argamasa gruesa intercalada con piedras pequeñas (mínimo de 5 cm).
 - Argamasa de acabado con caída.
 - Secuencia para la pintura.

rantizarían una gestión y conservación apropiadas de estos bienes en el futuro.

Referencias

Blaeur-Boehm, C. & Kueng, A. (2005). Examples of microscopy analysis of historic mortars by means of polarizing light microscopy of dispersions and thin sections. *10th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*. Paisley, UK: University of Paisley.

Cassar, M. (2001). *Technological requirements for solutions in the conservation and protection of historic monuments and archaeological remains*. Recuperado de http://www.europarl.eu.int/stoa/publi/pdf/00-13-04_en.pdf

Conferencia Internacional de Cracovia (2000). Recuperado de <http://www.metria.es/servicios/docs/Carta%20de%20Cracovia%202000.pdf>

Instituto del patrimonio histórico español (s.f.) [Decálogo de la restauración. Criterios de intervención en bienes muebles]. Texto no publicado.

Kushel, D. (1994). *AIC code of ethics and guidelines for practice*. Recuperado de <http://aic.stanford.edu/pubs/ethics.html>

Lemos, C. A. (2003). As Fortificações Coloniais no Brasil. *A Arquitetura Militar - um panorama histórico a partir do Porto de Santos*, (pp. 51-78). São Paulo: Fundação Cultural Exército Brasileiro.

Malinowsky, E. S. (2005). Rediscovering Historic Mortars and Skills at Läckö Castle. *The journal of the building limes forum*, (pp. 9-21).

Mueller, U. & Kanan Correa, M. I. (2005). The microstructure of traditional Brazilian lime plaster - The Custom Houde of Florinapolis. En M. A. Cincotto, D. A. da Silva, J. de Oliveira,



Figura 24:
Aplicación de argamasa para rellenar vacíos y regularizar la superficie, (mezclada en proporción 1:3,5 pasta de cal y arena gruesa) intercalada con fragmentos de teja, 2005.



Figura 25:
Aplicación de argamasa de acabado con arena tamizada. La argamasa fue aplicada con cuchara y compactada en la superficie, dando como resultado una superficie arenosa uniforme para distinguirla de las texturas del revoque antiguo y aumentar la superficie de evaporación, 2005.

H. Ramos Román (eds.), *6 Simposio Brasileiro de Tecnologías de Argamassas; 1^a Internacional Symposium on Mortars Technology*, (pp. 736-745) Porto Alegre: Antac.

Oliveira, M. (2004). *As Fortificações Portuguesas de Salvador quando Cabeça do Brasil*. Salvador: Fundação Gregório de Mattos.

Zehnder, K. (2004). *Methodology for the preventive conservation of sensitive monuments: the current major problems*. Stockholm: 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone.



Argamasas de cal en la restauración de fortificaciones

(páginas 5-18)



Maria Isabel Kanan es arquitecta del Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN de Santa Catarina y desde los años noventa ha participado en las obras y visitas técnicas que se llevan a cabo en las fortificaciones de dicha ciudad. Más recientemente, realizó sus estudios de doctorado sobre la cal en la conservación, participó de seminarios técnicos para la conservación de las fortificaciones en América así como de las visitas a las fortalezas de Orange, Cabedelo, y a la del archipiélago de Fernando de Noronha.

Recepción
20 de febrero de 2006

Evaluación
20 de junio de 2006

Aceptación
14 de septiembre de 2006

Correspondencia
isabel.11sr@iphan.gov.br

Resumen

Este artículo aborda el tema conceptual, metodológico y preventivo del uso de la cal en la conservación y restauración del patrimonio de fortificaciones brasileñas. Se basa en la tendencia actual para la conservación sostenible de los bienes culturales que orienta la elección de los materiales utilizados en los trabajos de intervención; se detiene sobre la relevancia y el alcance histórico cultural del patrimonio fortificado en Brasil; describe las características de construcción de los paramentos, las argamasas, y los problemas para la conservación de estos bienes a través de ejemplos. Por último, propone algunas orientaciones prácticas para el uso de la cal en obras de conservación y directrices generales que apoyen los proyectos y programas comunes de colaboración técnica.

Palabras clave*:

- Fortificaciones - Conservación y restauración - Brasil
- Conservación y restauración de sitios históricos - Brasil
- Cal en conservación y restauración - Brasil

Lime's mortars for the restoration of fortifications.

Abstract

This article is about the conservation and restoration of Brazilian patrimonial fortifications and it is approached since a theoretical and methodological use of lime. It is based on the current tendency for a sustainable conservation of the cultural goods by means of using the same materials originally found in them; it discusses the relevance and the cultural - historical scope of the Brazilian patrimonial fortress; it describes, using examples, the characteristics of the construction of the parameters, the mortars and the problems commonly found in the conservation of the buildings. Finally, the article proposes some practical orientations for the use of the lime in conservation projects and general directives for projects and programs of technical collaboration.

Key words:

- Fortification - Conservation and restoration - Brazil
- Historic sites - Conservation and restoration - Brazil
- Lime in conservation and restoration - Brazil

* Las palabras clave están normalizadas por la Biblioteca General de la Pontificia Universidad Javeriana.