



Revista ALCONPAT

www.revistaalconpat.org

eISSN 2007-6835



Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción

Recuperação das estruturas de chaminés de concreto em áreas industriais sem interromper a produção

J. E. de Aguiar¹, R. Q. V. Marques²

¹Recuperação Serviços Especiais de Engenharia Ltda. Rua Paulo Afonso, nº 225, Bairro Santo Antônio, Cep 30350-060, Belo Horizonte / Minas Gerais.

²Gerência de Manutenção de Refratários e Civil da Usiminas. Av. Pedro Linhares Gomes, nº 5431, Bairro Usiminas, Cep 35160-900, Ipatinga / Minas Gerais.

Información del artículo

DOI:

<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v1i1.5>

Artículo recibido el 15 de Agosto de 2010, revisado bajo las políticas de publicación de la Revista ALCONPAT y aceptado el 10 de Noviembre de 2010. Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores se publicará en el tercer número del año siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del segundo número del año 2011

© 2011 Alconpat Internacional

Información Legal

Revista ALCONPAT, Año 1, No. 1, Enero – Abril 2011, es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A.C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org

Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, fecha de publicación: 30 de Enero de 2011.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor. Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

RESUMO

As quedas de materiais das chaminés causam problemas sérios dentro de uma planta industrial. O principal deles é o choque térmico devido ao contato das águas frias das chuvas com as superfícies quentes dos topos das chaminés que causam esfacelamentos nos anéis superiores dessas estruturas, tendo como conseqüências as quedas de placas de concreto no solo. Observam-se também deteriorações ao longo do corpo das estruturas, como fissuras e destacamentos de concreto por causa dos processos corrosivos das armaduras, além da degradação dos elementos metálicos, como escadas de acesso, plataformas para manutenção, pára-raios e os suportes de sinalização, corroídos pela ação do tempo. Este trabalho apresenta as tecnologias inovadoras adotadas por uma usina siderúrgica no Brasil para realizar as diagnoses estruturais, tendo como base os estudos das temperaturas por termografia com câmera de infravermelho, a inspeção por alpinistas profissionais e telescópio de alto alcance, ensaios não destrutivos, etc. São mostrados também os principais tópicos dos projetos de recuperação e as técnicas utilizadas nas intervenções de reparo que visam restabelecer a integridade das estruturas, levando em consideração que as obras são realizadas sem a paralisação das atividades das chaminés, envolvendo temperaturas superiores a 250°C e a emissão de gases tóxicos.

Palavras-chave: concreto; chaminés; estruturas.

Autor de contacto: José Eduardo de Aguiar (aguiar@recuperacao.com.br)

1. INTRODUÇÃO

A planta industrial da Siderúrgica Usiminas, localizada no município de Ipatinga, Estado de Minas Gerais, Brasil, é constituída, em sua maioria, por estruturas de concreto armado executadas a partir de 1960. As estruturas, por serem antigas, e estarem localizadas dentro de um ambiente atmosférico de muita agressividade, vêm sofrendo deteriorações ao longo dos anos, com a paulatina degradação do concreto. Dentre as diversas estruturas existentes sobressaem-se as chaminés, não só devido às suas alturas, algumas chegam até 120 metros, mas por serem focos de grandes problemas, sendo o maior deles, a queda de blocos de concreto do topo. Além disto, observam-se deteriorações ao longo do corpo das chaminés, como fissuras e destacamentos devido ao processo corrosivo das armaduras, além da lenta degradação dos elementos metálicos como as escadas de acesso, plataformas, pára-raios e suportes das luzes de sinalização.

Este trabalho apresenta as tecnologias que são utilizadas para inspecionar, estudar e diagnosticar as causas dos problemas, possibilitando a elaboração de um projeto de recuperação, além das principais técnicas adotadas nas intervenções de reparo, que são executadas com as chaminés em funcionamento, com incidência de temperatura no topo acima de 200°C e emissão dos gases provenientes do processo industrial.

2. TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA A INSPEÇÃO

A primeira etapa dos estudos é a inspeção das chaminés, sendo, para isto, utilizadas diversas técnicas para se obter as informações referentes às condições das áreas externas e internas, particularmente a situação do topo, ressaltando que estas inspeções são realizadas antes da instalação de qualquer equipamento de acesso nas chaminés.

Para a inspeção das superfícies externas, rastreando e cadastrando todas as patologias ao longo do corpo das chaminés, a técnica mais eficiente é a utilização de aparelhos óticos, como binóculos e telescópio de grande potência, como o mostrado na figura 1, que possui potência de aumento de 660 vezes.



Figura 1. Telescópio para inspeção das superfícies externas.

Para avaliar a situação do topo das chaminés, pode-se utilizar um vôo de helicóptero, obtendo-se fotos como a da figura 2. Esta técnica tem a desvantagem de ser muito cara e a aeronave não poder ficar sobre o topo da estrutura por causa das fumaças e temperaturas.

A técnica mais recomendada é a inspeção visual feita por alpinista profissional, especializado em trabalhos em alturas, equipado com todos os acessórios de segurança, como cintos especiais,

medidores de gases, etc. Na figura 3 observa-se a subida de um destes profissionais pela escada metálica, sem a adequada proteção para as costas.



Figura 2. Foto aérea de um topo de chaminé obtida em vôo de helicóptero.



Figura 3. Inspeção por alpinista profissional

Como não há paralisação das atividades das chaminés, é impossível inspecionar visualmente as superfícies internas. Por causa desta situação foram estudadas varias técnicas para avaliar as condições destas superfícies, sendo a que apresentou os melhores resultados foi a termografia.

Esta técnica utiliza uma câmera termográfica, que capta imagens e mede a energia térmica emitida pelas superfícies externas das chaminés, através de um padrão de cores. Como as chaminés são revestidas por tijolos refratários para proteger a parte interna da estrutura de concreto contra as altas temperaturas, a termografia nos possibilita identificar falhas nos refratários que podem estar afetando o concreto das chaminés.

A câmera de termografia é um dispositivo que detecta emissão de onda de calor, converte em sinal eletrônico, produzindo imagens digitais e executa cálculos de temperatura. O calor detectado é medido de forma precisa, monitorando o comportamento térmico das estruturas e identificando problemas de aquecimentos anormais.

As imagens externas das chaminés são mostradas em um mapa de temperaturas, no qual as suas variações correspondem às diferenças de energias radiantes. Na figura 4 observa-se uma chaminé com uma homogeneidade de temperatura ao longo de todo o corpo da estrutura, denotando não haver problemas com os refratários, enquanto na figura 5 verifica-se um aumento localizado de temperatura no topo, indicando haver falhas no revestimento interno naquela região. Este fato foi comprovado pela inspeção visual feita pelo alpinismo industrial, quando foi verificada a queda de tijolos refratários na parte interna do topo, conforme figura 6.

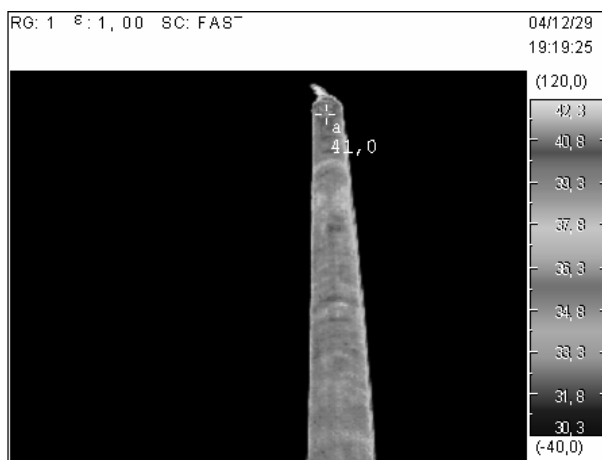


Figura 4. Termograma desta chaminé mostra uma homogeneidade de temperatura.



Figura 5. Termograma indica um aumento de temperatura no topo



Figura 6. Queda de tijolos refratários no topo, conforme indicado no termograma da figura 5

3. ENSAIOS DE AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DO CONCRETO

Somente após a instalação dos equipamentos de acesso ao alto das chaminés é possível realizar ensaios para caracterizar e avaliar a durabilidade do concreto.

Em situações normais utiliza-se um pacômetro para rastreamento nas superfícies externas, localizando as armaduras e medindo-se a espessura da camada de cobrimento das barras de aço. Em seguida são feitas extrações de corpos de prova da parede das chaminés para serem enviadas ao laboratório (figura 7), onde são feitas inspeções visuais, medição da profundidade da frente de carbonatação através da evidência de fenolftaleína, medição do teor de cloretos e sulfatos, etc.



Figura 7. Extração de corpos de prova em uma junta de concretagem de uma chaminé

Outros ensaios podem ser utilizados em situações especiais, como por exemplo, avaliar a profundidade de fissuras ou a compacidade do concreto por ultra-sonografia, dependendo da necessidade.

4. PRINCIPAIS DIAGNÓSTICOS

Cada chaminé possui suas particularidades, mas de um modo geral os principais problemas são quedas de blocos do topo, fissuras e destacamentos ao longo do corpo das chaminés.

A causa principal das quedas de blocos de concreto do topo é o choque térmico que ocorre devido ao contato das águas frias das chuvas com as superfícies quentes dos anéis superiores, que esfacelam o concreto do topo das chaminés, levando à queda de blocos, principalmente, quando não há nenhuma proteção (figura 8).

Os destacamentos de concreto ao longo do corpo das chaminés têm como origem a expansão das armaduras devido ao processo corrosivo, causados geralmente pela deficiência de espessura da camada de cobrimento ou por falta de adequada compactação do concreto, como no caso das segregações e ninhos de brita (figura 9).



Figura 8. Esfacelamento do topo por causa do choque térmico



Figura 9. Destacamentos do concreto por causa da corrosão das armaduras

A presença de fissuras é muito comum nas chaminés por várias causas, que podem ter origem em falhas de projeto ou de execução. Surgem em função da presença de altas temperaturas e do movimento das estruturas em função dos ventos, particularmente as mais altas.

5. PRINCIPAIS INTERVENÇÕES DE REPARO REALIZADAS

Apresentamos as principais intervenções para restabelecer a funcionalidade, estabilidade e durabilidade das estruturas, projetadas em função dos resultados obtidos nos diagnósticos estruturais, lembrando que os trabalhos são feitos sem paralisar as atividades das chaminés em nenhum momento.

5.1 Equipamentos de acesso ao topo das chaminés

Para acesso ao topo das chaminés são instaladas duas plataformas de elevação elétrica por cremalheiras (tipo HEK), colocadas em lados opostos da chaminé, abrangendo toda a sua extensão. Nas figuras 10 e 11 pode-se observar estes detalhes.



Figura 10. Equipamentos de acesso utilizados nos trabalhos de reparo.

Para alcançar as áreas fora da projeção das plataformas e acessar as demais áreas de trabalho, são instalados balancins elétricos, fixados na estrutura.

5.2 Instalação de plataformas de trabalho

As intervenções de reparo sempre começam pelo topo, e para que isto seja possível tem de ser instalada naquele local uma plataforma de serviço, e que ficará permanente, sendo utilizada futuramente como plataforma de manutenção, onde serão instaladas as luzes de sinalização, pára-raios, etc (figura 11). Em algumas situações são projetadas plataformas intermediárias, normalmente utilizadas para monitoramento da emissão de particulados na atmosfera.



Figura 11. Construção da plataforma de serviço no topo da chaminé

5.3 Recuperação dos topos das chaminés

Após a instalação da plataforma de serviço começa a recuperação do topo das chaminés. Os funcionários utilizam roupas especiais para suportar as temperaturas elevadas e máscaras de linha, com ar comprimido, devido aos gases emanados pelo processo industrial.

O concreto comprometido do anel superior deve ser integralmente demolido utilizando rompedores elétricos ou pneumáticos, tomando-se os cuidados necessários para que o material demolido não caia no fosso da chaminé, nem na abertura do colchão de ar, que é o canal de resfriamento que fica entre a parede de concreto e os tijolos refratários. As armaduras devem ser, se possível, preservadas e tratadas, enquanto os refratários danificados devem ser substituídos ou corrigidos (figura 12).



Figura 12. O concreto comprometido é demolido

As chaminés, em geral, são projetadas com uma pequena aba no topo, em balanço, engastada na parede, sem apoiar-se nos tijolos refratários. O objetivo deste aparato é evitar a entrada de água pela abertura de colchão de ar entre os refratários e o concreto. Esta aba é também demolida, e em seu lugar é instalada uma chapa metálica. Portanto, as armaduras da aba deverão ser removidas, ficando somente as da parede após a limpeza e reposicionamento das armaduras remanescentes da parede, as barras com perda significativa de seção são reforçadas através da instalação de novas barras (figura 13). Todas as armaduras recebem uma pintura de proteção, pois ficam expostas ao meio ambiente até a concretagem.



Figura 13. Os tijolos refratários são reposicionados, assim como as armaduras da parede

A contenção do concreto de reconstituição deve ser feita com fôrmas metálicas pré-fabricadas em aço inox, divididas em módulos, que serão transportados até o topo nas plataformas elétricas. São utilizadas fôrmas internas e externas, que ficam permanentes no topo (figura 14).



Figura 14. Instalação dos módulos das fôrmas internas e externas em aço inox.

A reconstituição do concreto é feita com concreto aluminoso, pois este material, além de suportar altas temperaturas (1.200°C), resiste aos choques térmicos. Para proteger o concreto da alta temperatura interna da chaminé, particularmente no estado ainda plástico, evitando a rápida evaporação da água de amassamento, devem ser colados tecidos de fibras cerâmicas nas faces internas das fôrmas. O concreto pode ser bombeado até o topo, mas o mais conveniente é levá-lo pelas plataformas, pois o volume de concreto normalmente é pequeno. A cura é feita através da aspersão de película química (figura 15). Depois da concretagem serão instaladas as chapas metálicas de proteção do topo da chaminé, também em inox, substituindo as abas de concreto existentes anteriormente.



Figura 15. Reconstituição da parede com concreto aluminoso



Figura 16. São instaladas chapas de proteção em inox do topo

5.4 Recuperação do corpo das chaminés

O trabalho de recuperação das patologias localizadas ao longo do corpo das chaminés pode ser feito durante o reparo do topo ou após este. Para uma melhor visualização das patologias e remoção dos destacamentos é feito um jateamento de escória de cobre úmida em todas as superfícies externas da chaminé. As partes soltas e comprometidas são removidas por demolição utilizando rompedores elétricos, deixando na estrutura somente concreto íntegro. As áreas com armaduras em processo de corrosão são tratadas da forma tradicional: lixando-se as barras de aço descobertas até a remoção dos produtos de corrosão incrustados, saturando-se o substrato e preenchendo as cavidades rasas com argamassa polimérica (figura 17) e as profundas com graute de cimento (figura 18), seguindo-se uma cura química. As fissuras, sem presença de corrosão de armaduras em seu interior, são seladas com argamassa polimérica.



Figura 17. Preenchimento das cavidades rasa com argamassa polimérica



Figura 18. Preenchimento das cavidades profundas com graute de cimento

Após as patologias serem corrigidas é aplicado em todas as superfícies externas um revestimento cimentício polimérico flexível, com objetivo de uniformizar todas as áreas reparadas e ser uma barreira protetora adicional ao concreto. Necesita ser flexível por causa das movimentações das estruturas, principalmente as mais altas.



Figura 19. Aplicação de um revestimento polimérico elástico nas superfícies

5.5 Pintura das superfícies de concreto

A metade superior da chaminé recebe uma pintura de sinalização utilizando um primer (mastique epóxi) e duas demãos de acabamento com tinta de poliuretano alifático, em anéis vermelhos e brancos, enquanto a metade inferior é pintada na cor de concreto utilizando o mesmo sistema ou uma pintura com reparo mineral.



Figura 20. Aspecto final de uma chaminé recuperada

As partes metálicas como escadas de acesso, plataformas intermediárias, pára-raios, etc, devem ser instaladas e pintadas antes da pintura das superfícies de concreto, sendo esta a última parte do trabalho.

6. CONCLUSÃO

As tecnologias apresentadas variam de caso para caso, uma vez que cada chaminé apresenta suas particularidades em função de sua altura, concepção do projeto e métodos construtivos. A Siderúrgica Usiminas, até a data de elaboração deste trabalho técnico, havia feito inspeções em vinte e duas chaminés e intervenções de reparo em sete.

Ao longo do período de execução das intervenções (2006 a 2008) constatou-se a necessidade de se fazer pequenos ajustes e correções no projeto, frutos do aprendizado de um trabalho arrojado e pioneiro, sendo que os maiores problemas enfrentados são os movimentos das chaminés, por causa dos ventos que causam fissuras nos reparos, as altas temperaturas nas superfícies externas, que obrigam a aplicação dos materiais sobre substratos com temperaturas acima do adequado, mesmo tendo as chaminés revestimentos refratários na parte interna e, por último, a necessidade de realizar as intervenções sem paralisar as atividades industriais, tornando um desafio árduo de ser vencido.

7. REFERÊNCIAS

AGUIAR, J.; QUINTANA, Roberto (2006): Diagnóstico das condições das chaminés de concreto de uma siderúrgica. 6º Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto. São Paulo, EPUSP, 2006.
AGUIAR, J.; QUINTANA, Roberto (2007): Implantação de um Plano de Manutenção das Estruturas de Concreto de uma Siderúrgica In: 48º Congresso Brasileiro do Concreto. Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, IBRACON.