

O Laser na limpeza das superfícies arquitectónicas

No âmbito das intervenções de restauro e de conservação, realizadas em obras de arte com interesse histórico e/ou artístico, a limpeza representa uma fase particularmente delicada na metodologia de trabalho.

Os materiais e as modalidades técnicas no campo da limpeza das superfícies pétreas têm sofrido profundas alterações nos últimos anos.

Sabe-se hoje que o controle, a selectividade e a avaliação preventiva dos efeitos produzidos durante a intervenção, a inoquidade para o trabalhador, para o ambiente, ou para o objecto são condições básicas, todas igualmente necessárias, para a adopção de sistemas de limpeza com características capazes de conjugar estas diversas exigências.

A limpeza laser consiste na remoção da camada de sujidade depositada no material através de impulsos de radiação electromagnética.

Entre os factores que determinam a acção de limpeza contam-se:

- o comprimento de onda da radiação emitida pelo laser
- a densidade de potência de cada impulso
- a frequência de repetição de cada disparo

O comprimento da onda emitida pelo laser deve poder ser absorvido pela camada superficial de sujidade, mas reflectida pelo substrato pétreo para garantir selectividade, auto limitação e não alteração das características físico - químicas do material subjacente.

A possibilidade de interacção entre as superfícies e os materiais, que o laser permite, através de apenas um raio luminoso, e sem qualquer acção mecânica, apresenta vantagens extremamente interessantes no campo da limpeza de superfícies arquitectónicas e, em geral, no restauro das obras de arte. O processo de limpeza consiste na absorção do material a retirar pelo feixe laser, e na sua remoção por vaporização ou ablação sem contudo interagir com o suporte.

No âmbito de uma intervenção de restauro, a limpeza não é apenas a primeira fase com que o restaurador se confronta, sendo sobretudo essencial para melhorar a legibilidade da superfície da obra de arte ou, se mal realizada, para a alterar até de forma irreversível.

A decisão de uma operação de recuperação e conservação de uma obra de arte é precedida por um vasto conjunto de considerações técnicas e artísticas, mas sobretudo por uma constatação ligada directamente à leitura do aspecto da obra de arte.

As actuais metodologias de restauro abandonaram definitivamente as limpezas drásticas realizadas até aos inícios de Novecentos, e foram conduzidas pela constante atenção à conservação da "patine", aquela película que se forma sobre a superfície, devido ao envelhecimento natural do material. Da avaliação correcta de tal problemática è, assim, normalmente aceite uma degradação natural da pedra, mas, infelizmente, a partir da 2ª Guerra Mundial, é também inegável um agravamento das condições gerais das obras de arte devido ao aumento sensível da poluição atmosférica.

A sujidade provocada pelos vários combustíveis fósseis e pelos gases atmosféricos forma típicas incrustações negras e homogéneas sobre a pedra, as quais, segundo a duração da exposição, as condições ambientais, os fluxos de ar e outros efeitos micro climáticos, podem variar de espessura entre alguns microns até alguns milímetros.

Este fenómeno de degradação dos monumentos, indubitavelmente acelerado pela revolução industrial, mas já presente e conhecido em épocas precedentes, aumentou devido à poluição urbana e ao tráfico urbano. O dióxido de enxofre, na presença do monóxido de carbono emitido pelos automóveis, do ozono e dos efeitos catalíticos ligados à água da chuva, à humidade e à temperatura, converte-se essencialmente em ácido sulfúrico e em enxofre. Da mesma forma, os dióxidos de azoto transformam-se em ácido nítrico. Estes ácidos decompõem estruturalmente o mármore e a pedra calcária, convertendo o carbonato de cálcio em sulfato de cálcio (gesso) e em nitratos compostos, que são muito mais solúveis do que a pedra original e que são lavados pela acção da água da chuva.

Alguns monumentos históricos e importantes obras de arte, particularmente expostas devido à sua localização, estão assim sujeitas a grandes alterações e, onde possível, muitas obras são transferidas para locais cobertos, para se reduzirem os efeitos de degradação e desagregação. Nesta situação, apesar de acesos debates sobre a questão da limpeza das superfícies no sector do restauro e da conservação, impõe-se amiúde a necessidade de intervir sobre a obra de arte degradada.

O encontro entre diferentes autoridades, sejam humanísticas, sejam técnicas, enriquece essas discussões sob múltiplos pontos de vista, mas, de qualquer modo, ressalta bem definida uma linha de intervenção que preserve ao máximo o objecto na sua integridade, considerando que, em qualquer caso, a acção de limpeza representa sempre uma acção que modifica o equilíbrio superficial no qual o objecto está realmente a viver.

Actualmente o restaurador trabalha, portanto, com extrema atenção a esta problemática e, seja na fase de diagnóstico, seja na própria intervenção de restauro, associa aos clássicos instrumentos da sua oficina os meios mais sofisticados que a técnica lhe fornece.

Neste contexto, o laser, com a tecnologia que lhe está associada, é já conhecido há algum tempo. O estado de conservação de muitas pinturas e estátuas famosas foi analisado frequentemente e com sucesso através de técnicas de interferometria holográfica; estes sistemas de diagnóstico prevêem uma ausência total de contacto com o objecto em questão e assim tiveram uma quase total liberdade de difusão.

Paralelamente a tais sistemas de diagnóstico, foram realizadas pesquisas quanto à utilização do laser como instrumento verdadeiro e próprio de limpeza, que explora adequadamente as propriedades de interacção entre as radiações luminosas e os diferentes materiais, e que permite a remoção das incrustações que alteram a obra de arte sem, contudo, a danificar.

Os estudos ligados a este método tiveram, claramente, uma evolução mais lenta e gradual com a finalidade de se compreenderem exactamente os processos conhecidos. Os primeiros estudos remontam aos anos 70, à obra de Dr. John Asmus, em colaboração com a superintendência dos monumentos de Veneza e com o grupo de pesquisa do departamento de ciências ambientais da Universidade de Veneza.

Nos últimos anos, algumas indústrias que trabalham no campo do laser interessaram-se por esta temática, desenvolvendo sistemas mais ou menos dedicados ao campo do restauro e/ou à limpeza das superfícies de menor importância artística.

A limpeza laser funciona bem, sobretudo, sobre pedras claras incrustadas com camadas de material escuro, provocado principalmente pela atmosfera e pelos fenómenos de sujidade anteriormente descritos.

Com efeito, essas camadas absorvem fortemente as radiações laser enquanto que o material subjacente reflecte a sua maior parte. A eficácia deste método, a avaliar quer em relação à limpeza, quer ao estado de conservação da pedra original, esta associada com o ponto de fusão relativo e com o coeficiente de absorção das radiações laser pela crosta suja relativamente ao substrato original.

Estes parâmetros são influenciados por uma série de importantes factores, tais como a cor, a porosidade, a dureza dos materiais do objecto, a espessura e a densidade das incrustações e, claramente, o tipo de laser utilizado.

Entre as várias fontes disponíveis, o laser impulsionado a Nd: YAG revela-se particularmente interessante, quer pelas prestações demonstradas durante os estudos realizados, quer pela sua flexibilidade de utilização e a sua fiabilidade. Nesta aplicação os parâmetros laser determinantes estão relacionados com a dureza e com a energia dos impulsos utilizados, mas são também importantes o diâmetro e a qualidade do feixe, a frequência das repetições e o contributo complexo da energia na unidade tempo.

Analisando o efeito da duração dos impulsos, convém referir-se por um lado o regime dos impulsos longos, denominado indistintamente como "Free Running Mode" ou "Normal Mode", no qual o laser emite uma série de pequenos impulsos que, globalmente, criam um impulso rectangular com a duração de algumas centenas de micro-segundos; em alternativa, trabalhando em regime de "Q-switching", denominado também por "impulso gigante", pode-se gerar um único impulso com a duração típica de um décimo de nano-segundos. Neste último caso, paralelamente à energia emitida, a potência do impulso é quatro ordens de grandeza superior e desencadeia processos claramente diversos.

A radiação emitida em "Normal Mode" é facilmente absorvida pela incrustação, que sofre um aquecimento veloz até temperaturas típicas de 4000° - 5000° C, e a sua remoção obtém-se por queima e vaporização. O impulso laser é assim muito rápido em relação às difusões térmicas dos materiais pelo que se observam aumentos de temperatura mínimos no substrato pétreo.

Pelo contrário, utilizando os impulsos mais breves de um laser a trabalhar em regime de "Q-switching", desencadeia-se uma dinâmica mais complexa, fundamentalmente ligada à criação de um plasma gasoso em expansão veloz devido ao rápido contributo energético. Tal situação pode parecer, à primeira vista, mais violenta e agressiva em relação à obra de arte, mas a evolução da bolha de plasma, que por um lado favorece a remoção dos resíduos, desenvolve sobretudo o papel bem mais importante de moderador da temperatura na zona de interacção própria, em virtude do arrefecimento induzido pelo gás em expansão.

Com impulsos gigantes não são observáveis aumentos significativos da temperatura, mas trabalhando imprudentemente, em níveis de energia muito elevados, quer a conseqüente onda de

choque, quer a energia residual não absorvida pela crosta, podem causar micro-fissuras sobre o suporte pétreo a conservar.

Por outro lado, um laser a trabalhar com impulsos longos pode causar um excessivo aquecimento da pedra e, por fim, fenómenos de vitrificação, se utilizado numa cadência de repetição excessiva, entrando em jogo a potência média fornecida à pedra.

Normalmente é preferível trabalhar-se com impulsos longos em pedras não perfeitamente compactas e friáveis, tais como arenitos, enquanto que os suportes pétreos em mármore se prestam melhor a serem tratados com impulsos curtos.

Sob um ponto de vista estritamente técnico, torna-se, de qualquer forma, difícil fornecer uma receita válida para todas as situações. Com efeito, não é possível indicarem-se combinações "pedra – incrustação" de referência, dado que, sobre a mesma obra de arte, a espessura da crosta de sujidade e o estado de conservação do suporte subjacente variam de local para local.

Em qualquer caso, a atenção e a experiência do restaurador têm um papel determinante na limpeza com o laser, tal como em todas as operações de conservação.

Esta técnica parece logicamente indicada sobretudo para a sua utilização sobre superfícies de particular valor, mesmo na presença de situações especialmente difíceis, devido ao alto risco de danos. Especialmente na presença de superfícies particularmente frágeis ou desagregadas, onde as outras técnicas convencionais são extremamente limitadas, se aplicáveis, o laser trabalha sem exercer qualquer acção mecânica e permite uma boa intervenção de limpeza em condições de segurança, sem a consolidação prévia do suporte incoerente.

É interessante observar-se que, talvez de forma casual, as superfícies de maior valor são reparadas mais frequentemente, e assim tem um estrato de incrustação mais fino, que se apresenta mais adaptado à remoção por meio do raio laser. Trabalhando com prudência é assim possível removerem-se mesmo camadas de sujidade com uma certa espessura.

Em qualquer caso, torna-se importante a indicação para os projectistas de sistemas laser para conceberem equipamentos que sejam sobretudo caracterizados por uma grande versatilidade de utilização, associada a operações de ligação simples, por forma a reservarem todo o cuidado e atenção do operador para a intervenção de conservação.

Considerando ainda a elevada maneabilidade, típica desta particular aplicação, são importantes os aspectos ergonómicos, tendo em conta um trabalho que se prolonga durante muitas horas e, por vezes, mesmo dias. Normalmente, são propostas, por um lado, fontes particularmente compactas a utilizar com as duas mãos, como se fossem grandes pistolas e, em alternativa, instrumentos maiores que transportam o feixe laser até um manípulo, por meio de fibras ópticas ou de braços articulados. A segunda proposta é sem dúvida melhor, já que o restaurador utiliza, afinal, uma ferramenta que permite, em virtude da sua espessura e ligeireza, uma muito maior liberdade de movimentos.

Para se permitir ao operador uma avaliação correcta dos efeitos sobre a obra de arte, a cadência de repetição dos impulsos laser não pode ser demasiadamente elevada; considerando os tempos típicos da percepção visual, pode-se indicar um valor máximo compreendido entre os dez e os vinte impulsos por segundo, com a possibilidade de se reduzir a emissão laser ainda em um ou dois impulsos por segundo, em função das dificuldades da intervenção.

Com o objectivo de se fornecer uma avaliação completa é importante, determo-nos ainda sobre o aspecto económico: o laser é frequentemente confrontado com os outros métodos tradicionais, e em particular o micro - jacto de inertes de precisão, avaliando-se os custos da operação em função da velocidade da limpeza.

Nesta óptica, de certa forma redutora, pode-se, sem dúvida, afirmar que a tecnologia laser não pode competir com os métodos tradicionais, mas convém observar-se que este discurso está vinculado a grandes intervenções de limpeza da superfície, enquanto que, no caso de obras de particular valor histórico e artístico, os conceitos de velocidade e de economia das técnicas utilizadas se esbatem, pelo extremo cuidado com que se deve trabalhar a fim de se alcançarem os melhores resultados.

Como já aconteceu noutros campos, a tecnologia laser, por ser intrinsecamente dispendiosa, pode alcançar sucesso próprio quando aplicada em situações nas quais outros métodos dariam resultados de qualidade inferior ou seriam mesmo inaplicáveis.

A actual proposta no mercado de sistemas laser, produzidos por parte de muitas casas especializadas, levanta também o problema de uma correcta informação, não confundida com fins comerciais, mas com a finalidade de dar valor a essa tecnologia, delineando claramente as suas reais possibilidades conjuntamente com os seus limites.

Em tal contexto, seria determinante uma utilização decidida por parte das entidades competentes em matéria de restauro, de forma a produzirem, de forma independente, um programa de informação cuidada e pormenorizada, uma espécie de qualificação profissional.

Associado ao tema da correcta informação é ainda extremamente importante o problema da segurança. As diferentes normativas nacionais são praticamente uniformes nas regras e prevêm substancialmente uma clara definição dos possíveis perigos e das precauções a adoptar - uma protecção pessoal através de óculos aprovados e uma utilização circunscrita a áreas fechadas e delimitadas por sinalização adequada.

A utilização do laser num laboratório de restauro não causa particulares preocupações, se forem adoptadas as indicações previstas nas normativas.

Frequentemente, apresenta-se o caso de obras de arte ou de monumentos que não podem ser removidos da sua localização habitual, tendo o restaurador que trabalhar sobre andaimes montados à volta da obra de arte. Nesses casos torna-se problemático adoptar-se a justa interpretação das normas - mesmo adoptando todas as precauções sugeridas, o ambiente no qual será utilizado o laser não é comparável a um laboratório fechado. A normativa, mesmo com base noutras aplicações nas quais o raio laser é enviado livremente para a atmosfera, prevê uma série de sugestões e de precauções a adoptar, que serão fundamentalmente avaliadas pelo utilizador, respeitando os riscos conhecidos.

Tendo como base este discurso, pode-se afirmar que é responsabilidade da empresa produtora a inserção de dispositivos de segurança, mas que tais objectos não são intrinsecamente suficientes se não forem acompanhados por uma utilização responsável do equipamento laser.

Uma informação correcta é assim determinante nesta fase inicial, de forma a promover o sucesso deste novo método à disposição do restaurador, e permitir uma crescente evolução rumo a novas aplicações, evitando perigosos incidentes de percurso.

Com efeito, a ideia extremamente fascinante de se utilizar um processo físico, sem contacto, para a limpeza de superfícies de carácter artístico, foi claramente limitada na fase inicial às incrustações escuras depositadas nos substratos pétreos claros. O conhecimento mais completo dos processos envolvidos já não limita a utilização desta técnica sobre a pedra.

Trabalhos recentes apontam dados sobre a remoção de vernizes e de outras substâncias poluentes de cornijas e de ícones sobre suportes de madeira através de um laser de Nd: YAG quadruplicado, ou ainda a eliminação de líquenes e de outros infestantes biológicos, depositados sobre papel, por meio de um laser de Nd: YAG duplicado. Outras superfícies diferentes foram tratadas com sucesso como por exemplo vitrais, cerâmica, pintura mural, couro, bronze, latão e metais desse género.

A maior parte destas provas de limpeza estão claramente a um nível inicial se comparadas com os suportes pétreos, mas são extremamente interessantes para os estímulos à extensão da pesquisa geral.

Estão-se actualmente a delinear, em particular, duas linhas de desenvolvimento - por um lado seria desejável a integração do instrumento laser de limpeza com meios de diagnóstico adequados, por forma a fornecer, em tempo real, indicações úteis ao restaurador acerca da evolução correcta da intervenção. Tal objectivo não se apresenta particularmente longínquo, utilizando como exemplo próprio técnicas laser já adoptadas noutros campos da pesquisa científica.

Como acrescento seria desejável ampliar-se o campo de acção do laser, utilizando diversos comprimentos de ondas, de forma a adaptar-se a situações cromáticas mais complexas do que o simples preto sobre branco, aqui descrito. O interesse fundamental para tais possibilidades está ligado, primeiramente, ao tratamento de pedras não necessariamente claras, ou com acentuadas policromias, e, posteriormente, numa perspectiva que seria a aplicação sobre frescos e pintura. Em todos estes casos procura-se distinguir entre incrustação a remover e suporte colorido a preservar, procurando-se a absorção selectiva dos diversos materiais em função do comprimento de onda gerada pelo laser.

Para tal objectivo seria ideal um laser adaptável, de forma a gerar, de forma contínua, diversos comprimentos de onda, mas a complexidade e o custo destes aparelhos, já disponíveis no mercado científico, reservam-no à pesquisa extremamente especializada.

O laser a Nd: YAG continuará assim a deter o papel principal, e perspectiva-se paralelamente à utilização da sua emissão, o fundamental vizinho infravermelho, também a utilização da radiação verde da segunda harmónica e as ultravioletas de terceira e quarta harmónica. Para além da radiação verde da segunda harmónica, associada a dispositivos de recentíssimo desenvolvimento, pode-se cobrir de maneira contínua um campo adicional no visível por cima do vermelho - alaranjado.

Em conclusão, deixando à documentação fotográfica o papel de mostrar algumas intervenções de restauro a realizar com laser, pretendemos evidenciar o bom nível de maturidade alcançado por esta técnica especial de limpeza e o papel fundamental do restaurador, o qual,

segundo a tipologia da intervenção pode preferir um método ao outro sem contudo enaltecer ou rejeitar de forma absoluta um sistema particular.

Temos já entre nós um laser a funcionar na limpeza de bronze, na estatuária da cidade de Lisboa, com óptimos resultados e em nada afectando a "patine". Ao experimentá-lo sobre douradura, sobre estuques e sobre madeira pintada, também a operadora soube obter os melhores resultados, respeitando os princípios da Conservação e do Restauro.

No seu profissionalismo, a pessoa dedicada à conservação está, sem dúvida, atenta a todos os desenvolvimentos tecnológicos que a possam auxiliar no seu trabalho, enquanto os especialistas do campo laser recebem dela o positivo enriquecimento humanístico à sua actividade essencialmente técnica.

O encontro entre estas diferentes mentalidades, ainda que seja problemático e complexo, é rico em interessantes resultados e pode revelar, no futuro próximo, evoluções cada vez mais interessantes.