

MANUAL DA CALÇADA PORTUGUESA



MANUAL DA CALÇADA PORTUGUESA

THE PORTUGUESE PAVEMENTS HANDBOOK

Direcção Geral de Energia e Geologia

2009

AUTORES

António Manuel Esteves Henriques
António A. Casal Moura
Francisco Amado Santos

DESIGN

Ana Cristina Simões

FOTOGRAFIA E IMAGENS

Sofia Rivas Oliveira
Ernesto Matos
Nuno Soromenho

CAPA

Cristina Simões

EDITOR

Direcção Geral de Energia e Geologia
Av. 5 de Outubro, 87 - 1069-039 Lisboa
Telf: 217 922 700 - Fax: 217 939 540
Email: energia@dgge.pt
www.dgge.pt

PROMOTOR

EDM - Empresa de Desenvolvimento
Mineiro, SA
R. Sampaio e Pina, nº1 - 3º Drº 1070-248 Lisboa
Tel: 213 859 121 - Fax: 213 856 344
Email: edm.mineira@edm.pt
www.edm.pt

COORDENAÇÃO GERAL

Comedil - Comunicação e Edição, Lda.
Rua Enfermeiras da Grande Guerra, 14-A
1170-119 Lisboa
Telf: 218 123 753 - Fax: 218 141 900
Email: comedil@rochas.info

PRÉ-IMPRESSÃO - IMPRESSÃO

SIG - Sociedade Industrial Gráfica, Lda.
Rua Pêro Escobar, 21 - 2680 - 574 Camarate
Tel.: (351) 219 473 701 - Fax: (351) 219 475 970
Email: sig-geral@mail.telepac.pt
www.sig.pt

PESQUISA E ACESSORIA

Consulithos Lda. - Consultoria e Serviços
Vila Augusta - Avª 25 de Abril, Loja 3
7160 - 221 Vila Viçosa
Tel.: 268 889 203 - Fax: 268 889 205
Email: geral@consulithos.com
www.consulithos.com

DEPÓSITO LEGAL

Nº 000000/09

ISBN

Nº 978-972-8268-39-8

DISTRIBUIÇÃO

Comedil - Comunicação e Edição, Lda.
Rua Enfermeiras da Grande Guerra, 14-A
1170-119 Lisboa
Telf: 218 123 753 - Fax: 218 141 900
Email: comedil@rochas.info

AGRADECIMENTOS

João Paulo Gonçalves - Presidente da AECF
Ernesto Matos - CML
Brigada de Calceteiros da Câmara Municipal de
Lisboa e à DGEG
Nuno Saragoça Matos

Todos os direitos desta publicação estão reservados,
não podendo ser reproduzida ou transmitida no seu
todo ou em parte, por nenhuma forma ou qualquer
meio incluindo fotocópias ou gravação em suporte
digital sem autorização do editor.



PREFÁCIO

Na convivência no dia-a-dia com a Calçada Portuguesa, a grande maioria dos portugueses desconhece o “percurso” que esta forma de arte muito portuguesa percorreu ao longo dos séculos bem como a expressão deste património que hoje está espalhado por todo o mundo. Em oposição a este aspecto positivo estão as dificuldades que esta actividade atravessa para se conseguir manter nos tempos vindouros, atendendo aos desafios que se colocam à produção da matéria-prima.

Esta expressão cultural portuguesa é pois uma herança histórica de um misto da cultura e tecnologia de construção dos romanos e dos árabes, que acabou por se impor em Portugal no século XIV durante o reinado de D. João II.

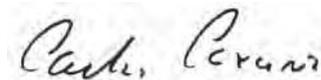
Pese embora hoje todo o mundo reconheça e aprecie esta arte, a produção da matéria-prima nela utilizada passa por dificuldades de diversa ordem que poderão comprometer o seu futuro. Por outro lado não podemos esquecer que por detrás desta expressão cultural está uma importante actividade extractiva artesanal e especializada com grande relevância social e que é o alimento de milhares de famílias que dependem quase que exclusivamente da produção da pedra de calçada.

São pois estas as principais razões que levaram a Direcção Geral de Energia e Geologia a abraçar este projecto e a preparar um “Manual da Calçada Portuguesa”, que pretende ser uma obra de referência nesta matéria, apresentando-a desde o “nascimento” da matéria-prima até à finalização das inúmeras obras de arte que hoje estão espalhadas por todo o mundo.

Pretende-se ainda com esta publicação em edição bilingue sensibilizar todas as entidades públicas e privadas, que em diferentes momentos intervêm desde o processo produtivo da pedra para calçada até à aprovação dos projectos que se vão traduzir em novas expressões de arte, e o público de uma forma geral, para que contribuam para a preservação desta expressão cultural tão portuguesa.

Quero ainda deixar aqui um agradecimento à equipe que esteve envolvida neste projecto, e em especial ao apoio insubstituível do meu amigo António Esteves Henriques, director da revista Rochas e Equipamentos, principal responsável pela concretização do projecto e sem o qual este “Manual da Calçada Portuguesa” não seria possível.

Carlos A. A. Caxaria



Subdirector Geral
Área dos Recursos Geológicos





INTRODUÇÃO



A originalidade da Calçada Portuguesa confere-lhe um estatuto muito particular no domínio dos pavimentos. Pode ser definida como “um pavimento empedrado, cujos componentes são de pedra natural, com base em calcários, assentes e dispostos no solo de forma mais ou menos homogénea”. Alia as características de durabilidade e de grande beleza estética às da vantagem económica de, utilizando a pedra originalmente aplicada, poder ser restaurada sempre que houver necessidade de realizar trabalhos que obriguem à remoção do pavimento ou de ser reconstruída quando ocorra abatimento do substrato. Tem-se revelado ideal para ser utilizada em zonas de circulação de peões, como em passeios, jardins e habitações, centros comerciais, mas também em ruas e praças com circulação restrita de veículos.

Cada calçada é única, não só porque são diversos os motivos utilizados (motivos geométricos, motivos figurativos, motivos alusivos a actividades ou especificidades regionais ou locais), mas também porque o seu efeito final depende da qualidade da produção e da mestria do artífice encarregado de efectuar o assentamento.

Com efeito, a confecção de um pavimento de Calçada Portuguesa envolve duas fases distintas. A primeira fase corresponde à extracção da pedra e à produção da calçada, transformando a rocha em bruto em paralelepípedos de reduzida dimensão e com forma regular. A segunda fase consiste no calcetamento, em que se procede à colocação dos paralelepípedos no solo utilizando técnicas adequadas em função das diversas utilizações previstas e obedecendo a padrões variados, muitos deles de agradável efeito, primando pelo bom gosto artístico e pela harmonia.

O agrado geral pelos atributos do empedra-

do de Calçada Portuguesa, aliados à sua funcionalidade, levaram a que o seu uso se alargasse a muitas das cidades portuguesas e das antigas colónias incluindo o Brasil, onde muito rapidamente se generalizou, sobretudo durante o Século XX. Os mestres calceteiros portugueses eram chamados para além fronteiras mostrarem a sua arte e eram depois convidados a ficar por lá... e muitos ficaram, pois as compensações financeiras eram substancialmente maiores.

Ao mesmo tempo decorriam exposições, onde Portugal se fazia representar por estes artesãos e aí eram galardoados e reconhecidos pela arte do seu trabalho, como aconteceu em Paris (1900), Rio de Janeiro (1906), Cidade do Cabo (1909), Sevilha (1929 e 1969), entre outras distinções. A actividade cresceu de tal forma que, por volta de 1930, a Câmara de Lisboa tinha a seu encargo, aproximadamente 400 artífices.

À vontade dos homens e à qualidade da mão-de-obra juntava-se então a necessidade de promover estas obras nas cidades, sobretudo nas zonas de maior movimento pedonal e comercial. Rapidamente a ideia “saiu” de Lisboa e se espalhou pelo restante território nacional e por vários países europeus. A funcionalidade aliada à arte criava por todo o mundo autênticas obras-primas, que ao contrário de quase todas as outras estavam à vista de todos.

No Brasil tornou-se uma apreciada referência da Arte Lusa, a ponto de, nos tempos actuais, ter vindo a gerar acirradas polémicas em sua defesa na perspectiva de que constitui um património indiscutível, tal é o sentimento que levou a considerá-la como fazendo parte da sua própria tradição. Com efeito, temos conhecimento de argumentações a favor dos pavimentos de Calçada Portuguesa e do levantamento de movimentos cívicos visando impedir a sua

destruição na sequência de reorganizações urbanísticas em Salvador, no Recife e no Rio de Janeiro.

Actualmente, é reconhecida e apreciada internacionalmente como uma bem sucedida manifestação da nossa cultura, facto que explica, designadamente, a sua exportação para Espanha, França e outros países da União Europeia, para a Austrália, Estados Unidos, Japão e China, neste caso por influência de Macau. Ainda muito recentemente foi pavimentada uma praça em Bruxelas com recurso a esta nossa apreciada técnica, sendo que para isso foram convidados calceteiros portugueses.

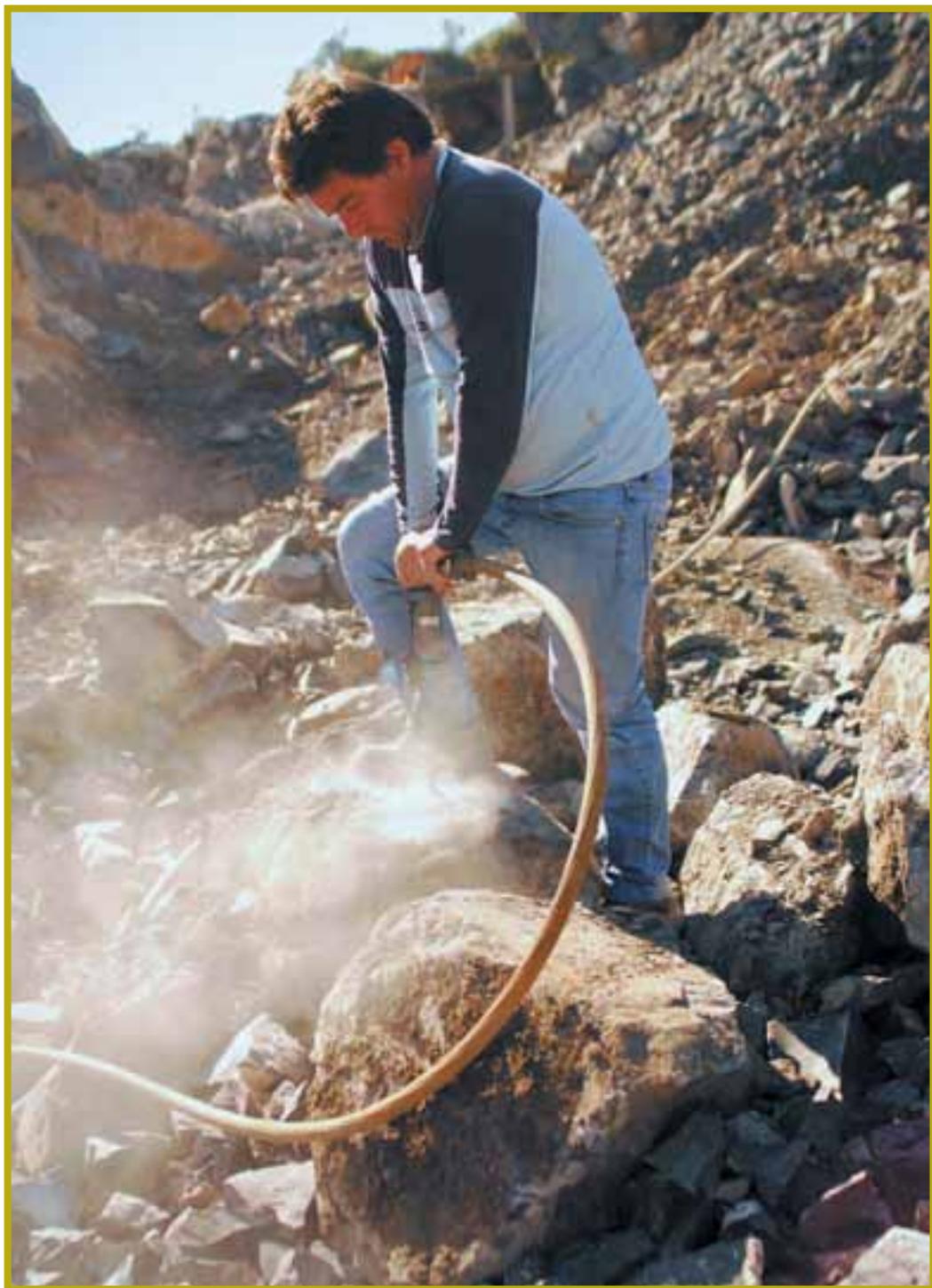
Como consequência do reconhecimento da importância da técnica de aplicação da Calçada Portuguesa como manifestação genuinamente nacional, em 1986 foi criada a Escola de Calceteiros da Câmara Municipal de Lisboa e, em

Dezembro de 2006, foi inaugurado um monumento ao calceteiro na Baixa Pombalina.

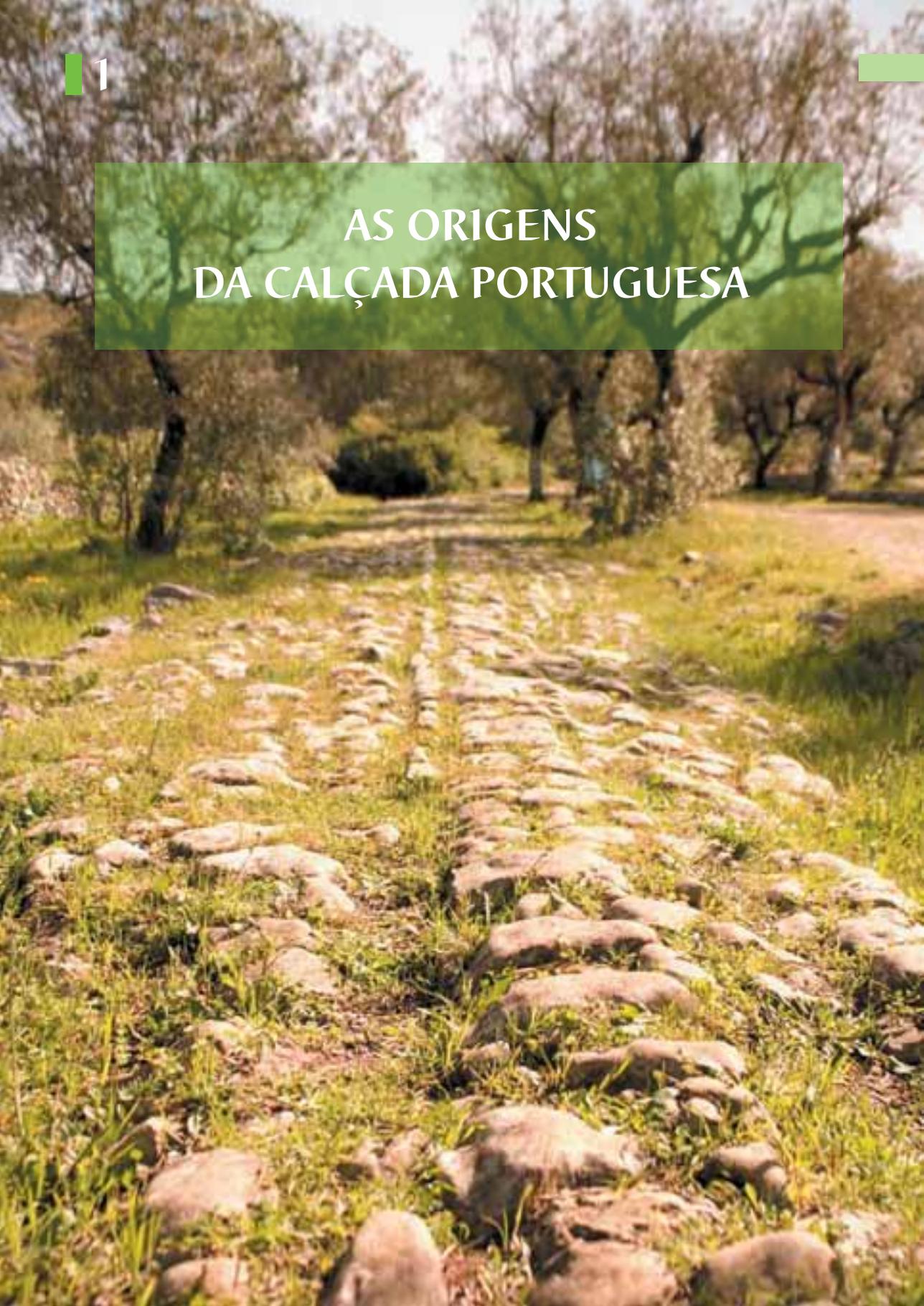
Neste Manual são oportunamente abordados, ainda que apenas nos seus aspectos essenciais, os factores que já atrás considerámos de maior importância para a qualidade de um trabalho de Calçada Portuguesa: a qualidade da pedra, a qualidade da produção e a qualidade do assentamento.

Obviamente, caberá a todos, exploradores, produtores, prescritores, utilizadores, instituições e à administração pública a divulgação desta Arte, em que a Expo 98 foi um bom exemplo, pois ao Mundo foram dadas a conhecer as potencialidades da Calçada Portuguesa, contribuindo decisivamente para um aumento das exportações, o que para muitas empresas veio possibilitar um maior desenvolvimento, quer na vertente económica, quer na social.





AS ORIGENS DA CALÇADA PORTUGUESA



A Calçada Portuguesa é uma herança histórica da cultura e da tecnologia de construção dos Romanos, de que existem inúmeros vestígios em Portugal, entre eles a Estrada Romana situada em Alqueidão da Serra, concelho de Porto de Mós.

A arte romana de empedrar não se limitou à técnica empregue na pavimentação de vias comunicação; restam entre nós exemplos de magníficos mosaicos dessa época em teselas, uma técnica de decoração em ligações e contornos formando desenhos de grande perfeição técnica feitos com pequenas pedras quadrangulares de aproximadamente 2 cm x 2 cm geralmente de calcário ou mármore, mas também de vidro ou terracota, encontrando-se em Conimbriga uma dos maiores legados desta arte de pavimentação.

O Império Romano construiu na cidade de Olisipo, hoje Lisboa, estruturas comerciais, industriais, culturais, facultades, teatros, termas e habitações, tendo sido encontrados pavimentos de tesselas em edificações soterradas no centro da cidade.

São os Romanos que iniciam o uso da pedra como material ao serviço dos exércitos no crescimento e defesa do seu Império, explorando um manancial de oportunidades do seu uso como material de construção e decoração. Povo guerreiro e conquistador, os Romanos criaram uma vasta rede viária para melhor desenvolverem as suas actividades comerciais, bem como para facilitar o transporte de material de guerra e soldados ligando o seu vasto império por pontes e caminhos construídos com pesadas lajes, colocadas contiguamente.

Não tão decorativa como a dos Romanos, a herança Árabe caracteriza-se pelos seus desenhos arabescos através das mudanças estruturais e organizacionais das suas pavimentações, onde é nítido um uso ordenado

em sistema de espinha ou espiga para aproveitamento das águas.

É no século XIV que, no reinado de D. João II, nas cidades de Lisboa e Porto a opulência e o luxo trazido pela rentabilidade comercial abre caminhos a uma nova sociedade que leva à criação das chamadas “Ruas Novas” junto às áreas ribeirinhas, onde se concentravam as grandes fortunas e as lojas de mercadorias.

D. João II, encantado com a qualidade dos trabalhos em pedra na cidade do Porto, manda empedrar a Rua Nova da capital, que mais tarde vai dar origem à abertura de pedreiras junto a Cascais, tendo sido celebrados contratos com pescadores dessa zona para o seu transporte. Todavia, foi D. Manuel I, que lhe sucedeu, que ao fim de trinta anos do seu início concluiu a obra da Rua Nova, a qual, com os seus duzentos metros, foi considerada pelos cronistas da época como a mais comercial e internacional das ruas quinhentistas.

O Renascimento, que por definição é o recuperar de tradições clássicas, havia de revalorizar a pedra como matéria-prima funcional e decorativa.

Com os terramotos de 1531 e 1551 dá-se um novo impulso a novos arruamentos, mas é com o grande terramoto de 1755 que Lisboa iniciou um enorme projecto, não só de reconstrução de edifícios, mas também de abertura de novas ruas e recuperação das antigas.

Com as características de aspecto com que hoje a conhecemos, a Calçada Portuguesa teve como seu grande impulsionador o governador do Castelo de S. Jorge em Lisboa entre 1840 e 1846, o Tenente-General Eusébio Cândido Cordeiro Pinheiro Furtado (1777-1861), que transformou a fortaleza e os seus arredores em lugares de passeio onde foram introduzidas flores, arvoredos e calçada mosaico. O agrado pelo bom gosto e pelo valor

estético do empedrado aliados à sua funcionalidade, levaram a Câmara a reconhecer o excelente trabalho do Engenheiro Militar Eusébio Furtado, profundo conhecedor das técnicas romanas, e a prosseguir com novas iniciativas de carácter paisagístico com relevo para o uso da calçada mosaico. Em 1848, Eusébio Furtado viu aprovado o seu projecto para a Praça do Rossio, uma obra com uma área de 8712 m² concluída em 323 dias, onde foi introduzido o calcetamento designado por “Mar Largo” em homenagem aos descobrimentos portugueses. É no Rossio que um novo reordenamento urbanístico dá lugar a uma circulação mais segura dos transeuntes, através do nascimento do passeio.

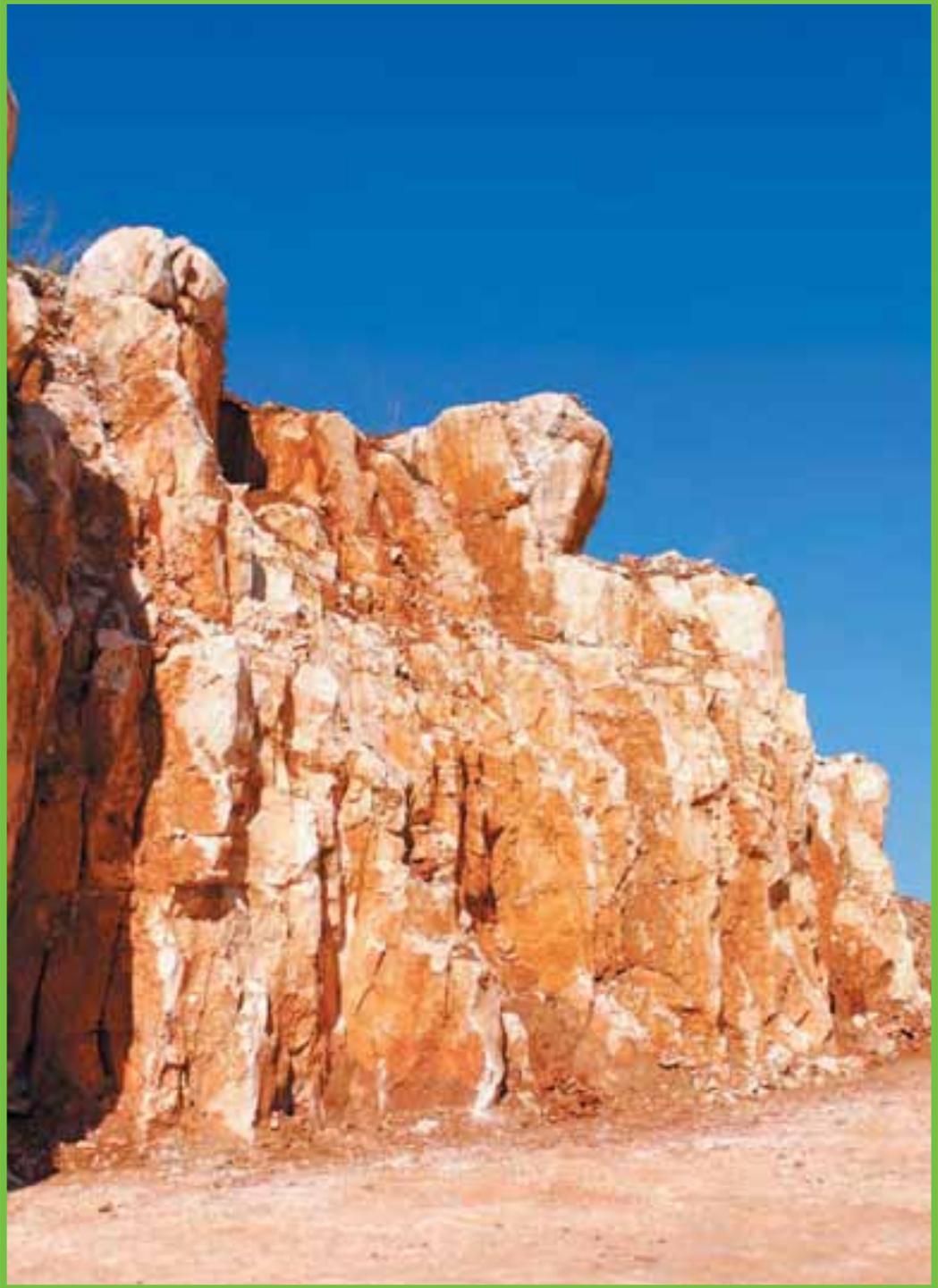
A baixa de Lisboa transforma-se com a maioria das suas ruas a serem calcetadas a basalto, entre elas o Largo de Camões em 1867, o Príncipe Real em 1870, a Praça do Município em 1876, o Cais do Sodré em 1877 e o Chiado, finalizado em 1894. A abertura da Avenida da Liberdade dá-se em 1879 e em 1908 chega finalmente ao Marquês de Pombal com largos passeios onde foram introduzidos belos e deslumbrantes tapetes de desenhos,

que fazem de Lisboa a cidade referência deste tipo de pavimento artístico.

Surgiu assim, no início do século XX, a Calçada Portuguesa, «talvez a maior contribuição do nosso país em matéria de qualidade no “móvil” dos espaços urbanos», como afirmaram Francisco Pires Amaral e José Santa-Bárbara, autores da obra *Mobiliário dos Espaços Urbanos em Portugal*.

A Calçada Portuguesa é uma actividade com história e tradição, cuja continuidade se revela para muitos bastante problemática, quer pelo aumento dos custos de manutenção das pedreiras e equipamentos, quer pelas dificuldades ambientais e legislativas que, hoje em dia, as pedreiras enfrentam. De qualquer forma, o uso da Calçada Portuguesa ganhou muitos adeptos nos últimos 15 anos além de novos clientes com novas necessidades que foram e vão surgindo, ao que podemos aliar o surgimento de grandes obras a nível nacional e internacional. A Calçada Portuguesa passou do uso exclusivo em exteriores para a decoração de espaços interiores privados e públicos, quer na construção residencial quer em zonas comerciais e de escritórios.





FASES DA PRODUÇÃO



2.1 - EXPLORAÇÃO

Os calcários mais utilizados na produção artesanal de calçada possuem características peculiares. São de interesse os designados por vidro, que apresentam uma superfície lisa e brilhante quando fracturados.

Tais características limitam substancialmente as áreas onde é possível a extracção desta matéria-prima, pelo facto de os vidros ocorrerem em estratos de pequena espessura e de pouca expressão no cômputo geral das rochas calcárias do Maciço Calcário Estremenho e da Orla Algarvia.

Os principais núcleos produtores da Calçada Portuguesa encontram-se localizados nas Serras d' Aire e Candeeiros (Distritos de Leiria e Santarém), embora as explorações se concentrem sobretudo no concelho de Porto de Mós e Santarém. Nessas áreas (ver Figuras 1 a 6), exploram-se principalmente calcários brancos e cinzentos a negros. Mas também existem três explorações de calcário branco em Arrimal e outras duas em Alenquer e, ainda, duas pequenas explorações activas de calçada rosa: uma na freguesia de São Mamede (Batalha) e outra em Albufeira (Algarve). Em Vila Viçosa (Alentejo) existem também duas pequenas unidades que se dedicam à produção de calçada através do aproveitamento de rejeitados do mármore da região, cujo uso é feito pelos municípios locais.

As empresas são de pequena dimensão e a grande maioria do tipo familiar. A abertura de pedreiras é condicionada pelo plano extractivo de cada zona e limita-se a locais bem definidos, sendo que em cada pedreira o avanço da exploração para as zonas limítrofes só poderá ter lugar após a recuperação da área explorada.

Dado que as primeiras obras decorreram em

Lisboa, houve um aproveitamento do material predominante na zona, o calcário. O basalto, usado numa fase inicial, viria a ser preterido, pois a sua dureza dificultava o corte. Ainda hoje estas obras estão mais presentes nas regiões do nosso país onde o calcário é predominante. No que se refere à forma, aliou-se o uso tradicional da pedra rolada em átrios de edifícios/casas ao formato dos mosaicos romanos.

Originária de Lisboa, como já dissemos, onde chegaram a existir mais de 80 pedreiras na que foi a primeira grande zona de extracção, seguiram-se posteriormente Monsanto, Odivelas e Mem Martins para o calcário preto e de Fanhões vinham os melhores calceteiros. No entanto, com o passar dos anos ambas as situações se alteraram. O trabalho árduo e pouco gratificante nos aspectos financeiro e social levou a um decréscimo dos trabalhadores nesta região. Por outro lado, a própria actividade começou a ter outras especificidades, pois a pedra deixou de ser enviada em bruto para o local da obra e passou a ser previamente talhada no local da pedreira com o formato pretendido pelo comprador, o que antes não acontecia.

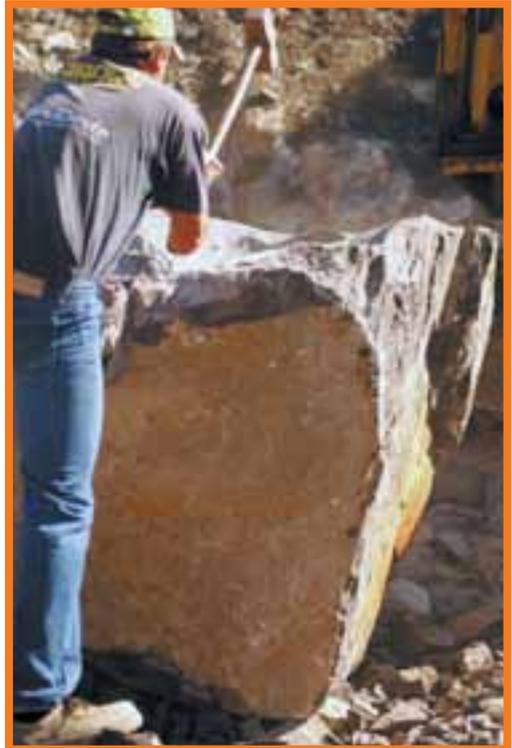
Nos dias de hoje as pedreiras encontram-se quase exclusivamente situadas nas Serras de Aire e Candeeiros, onde, com suor e arte, uma boa parte da população residente nos concelhos abrangidos por esta região vai vivendo da produção e comercialização da Calçada Portuguesa. Nestas zonas, sempre se viveu da pastorícia e da agricultura. Contudo, ambas as actividades deixaram de ser suficientes para a subsistência das famílias e muito menos respondiam às necessidades actuais de bem-estar a que todos aspiram e muitos tiveram de procurar nova actividade. Alguns conseguiram, então, perceber que a verdadeira riqueza destas

serras se encontra no seu solo: a pedra. Sem necessidade de um avultado investimento inicial e praticamente sem obstáculos burocráticos, foram muitos os que se iniciaram na exploração da pedra.

Pequenas freguesias como Alcanede, S. Bento, Mendiga, Alqueidão da Serra, entre outras, empregam, em muitas das suas pequenas indústrias, pessoas que vivem directamente desta actividade. À sua volta, outras actividades e, conseqüentemente, outras pessoas vão lucrando, como é o caso do comércio de venda e reparação de máquinas e equipamentos necessários à exploração. Assim, estes lugares, que até alguns atrás tinham poucas perspectivas, começaram a proporcionar novas oportunidades e melhores condições de vida às suas

populações.

Tome-se o exemplo da freguesia de Alqueidão da Serra, onde pontificam algumas das maiores empresas deste ramo. Nesta localidade, uma boa parte da população trabalha ou já trabalhou nesta actividade, o que veio a ter conseqüências práticas na sociedade local, que durante muitos anos conseguiu ter uma elevada taxa de estudantes a concluírem não só a escolaridade obrigatória, como a destacarem-se pelos seus estudos universitários. É verdade que, em muitos momentos, o apelo financeiro imediato pode ter roubado alguns alunos, mas, em contrapartida, o poder económico que esta actividade deu a muitas famílias permitiu-lhes manter os filhos na escola até terminarem os respectivos cursos.





- Calcários brancos.
- Calcários pretos e cinzento-escuros.
- Calcários cinzento-claros e azul-claros.

Figura 1 - Localização das principais áreas de exploração de pedra para calçada, referindo-se a tonalidade mais extraída em cada uma delas.



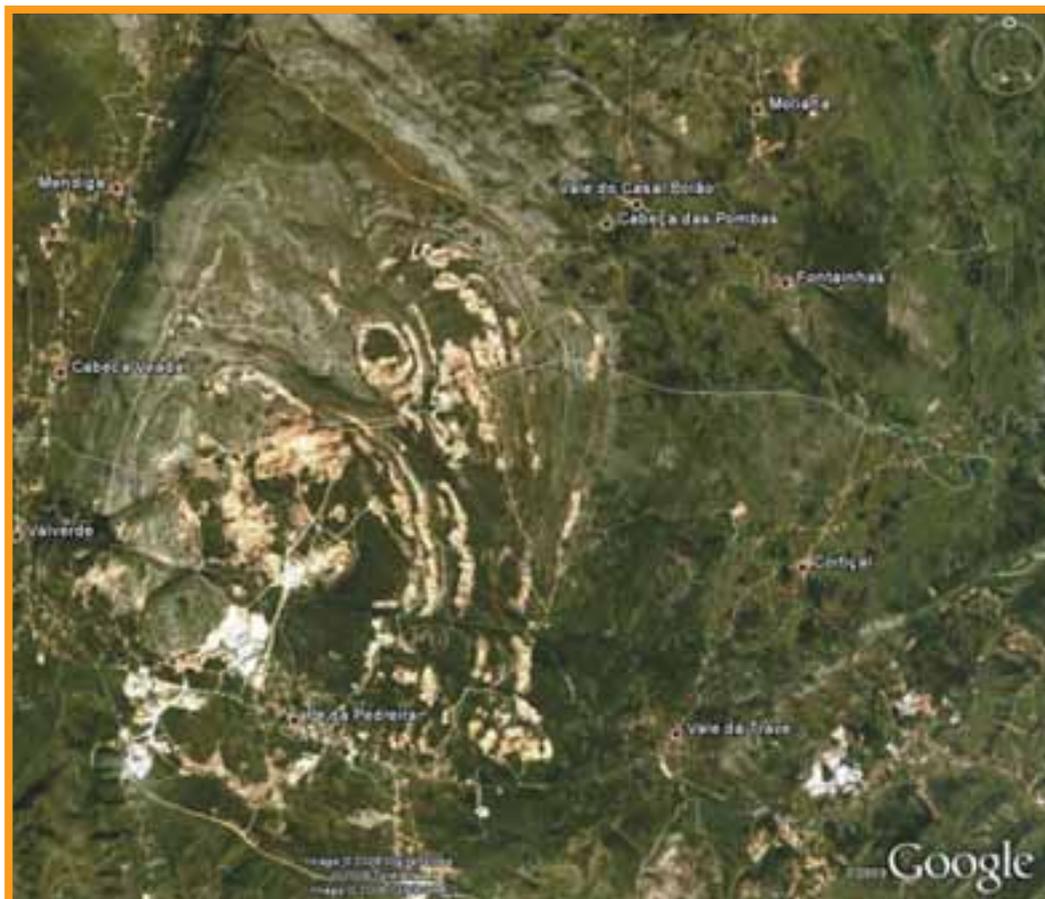


Figura 2 – Exploração de calcário branco: Alcanede (Concelho de Santarém), Mendiga e São Bento (Concelho de Porto de Mós) – aproximadamente 250 pedreiras.





- Exploração de calcário preto (5 pedreiras).
- Exploração de calcário cinzento-escuro (16 pedreiras).

Figura 3 - Pedreiras de Alqueidão da Serra (Concelho de Porto de Mós).



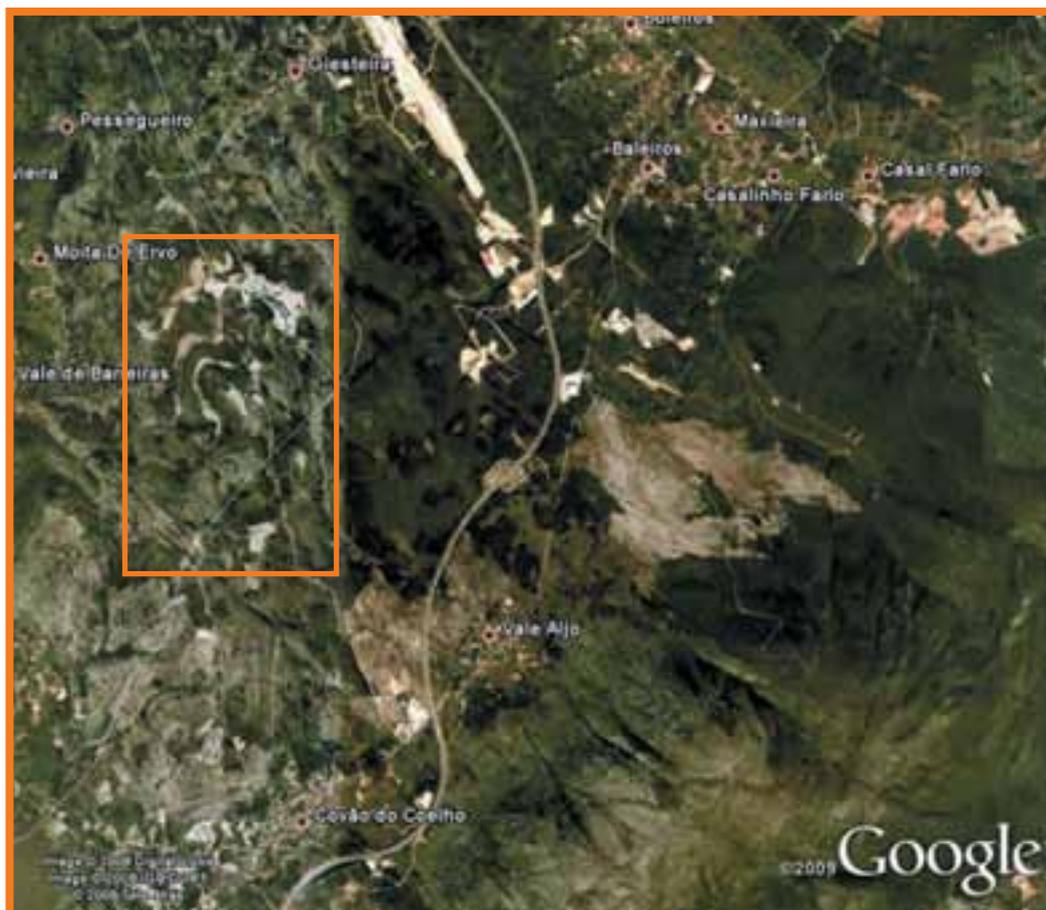
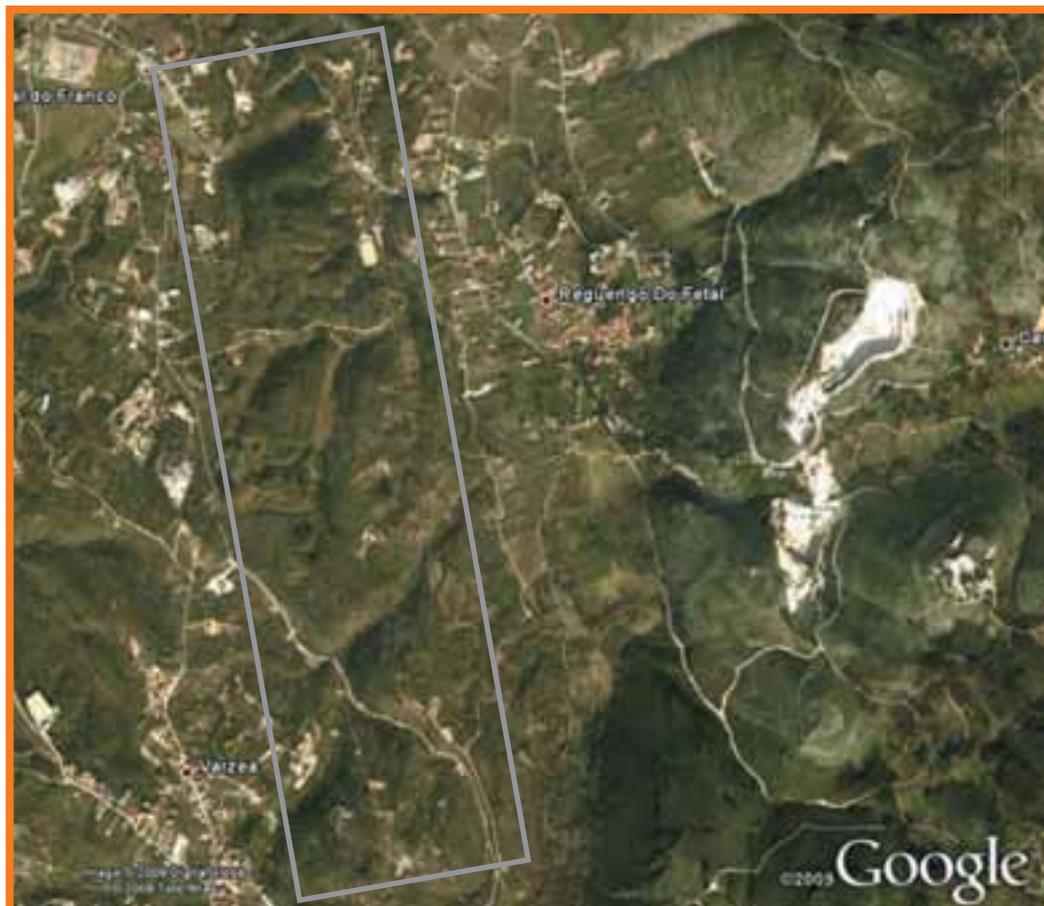


Figura 4 - Exploração de calcário branco na Freguesia de São Mamede (Concelho da Batalha) – 6 pedreiras.





□ - Exploração de calcário cinzento-claro (30 pedreiras).

Figura 5 - Pedreiras de calcário cinzento-claro nas áreas de Alqueidão da Serra (Concelho de Porto de Mós) e Reguengo do Fetal (Concelho da Batalha).





Figura 6 - Aspecto de várias explorações de calçada branca no planalto da Serra de Santo António.

As explorações estão implantadas sobretudo em flanco de encosta suave e geram escavações de pouca profundidade (normalmente até 3-5 metros, podendo excepcionalmente atingir cerca de 10 metros). A recuperação das áreas exploradas tem sido francamente

bem sucedida, até porque o calcário utilizado como entulho adquire facilmente uma pátina acinzentada que faz com que não se diferencie da tonalidade geral envolvente e favorece uma rápida proliferação da flora tradicional (Figura 7).



Figura 7 - Aspecto de uma zona recentemente recuperada.



A lavra é selectiva pois apenas interessa o tipo de pedra calcária adequado para o fabrico da calçada, o qual ocorre em bancadas pouco espessas (normalmente até 0,50/0,70 m) e em geral pouco inclinadas que fazem parte de camadas sub-aflorantes ao longo de alguns quilómetros. Muitas das operações ainda são desenvolvidas de modo artesanal, muito embora já se comece a ver nalgumas pedreiras meios de

mecânicos de extracção e de transporte, como martelos pneumáticos, retroescavadoras e outras máquinas e veículos.

Cada exploração tem poucos trabalhadores, cujo número varia de 1 a 10, mas normalmente apenas existem 2 ou 3 por exploração. Assim, nas mais de 300 explorações permanentemente activas, trabalham, somente no corte da Calçada Portuguesa, cerca de 600 a 700 pessoas.

2.2 - Etapas da extracção e da manufactura da calçada

O método de extracção e de produção da pedra para calçada, ilustrado nas Figuras 8 a 12, é idêntico para todas as variedades de calcários.

Inicialmente, procede-se ao desmonte da rocha, actualmente já recorrendo à giratória. Quando não é possível fazer o desmonte com uma giratória, são usados explosivos, normalmente pólvora negra.

Na fase seguinte, procede-se ao trabalho de subdivisão das massas desmontadas, nas quais se efectuam um ou diversos furos com um martelo pneumático. Colocam-se o

guilho e as palmetas nos furos e, com uma marreta de 6 a 8 kg, percute-se o guilho até se conseguir a fracturação de cada massa.

Com a marreta, toda a pedra resultante é então “traçada” em unidades rectangulares com medidas aproximadas de 40 por 20 cm. Estas medidas são adequadas a um bom rendimento, minimizando o desperdício quando finalmente as unidades de pedra “traçada” são partidas com um martelo para a produção de calçada com as dimensões 4/5 cm, 5/7 cm, 9/11 cm ou 12/13 cm.



Figura 8 - Desmonte com recurso à giratória.



Figura 9 - Execução de furação com o martelo pneumático.



Figura 10 - Depois da colocação do guilho e das palmetas no furo, percute-se o guilho com uma marreta de 6 a 8 kg até se fracturar a massa de pedra.



Figura 11 - Com uma marreta que pesa entre 5 a 7 kg, a pedra é “traçada” em unidades rectangulares com medidas aproximadas de 40 x 20 cm.

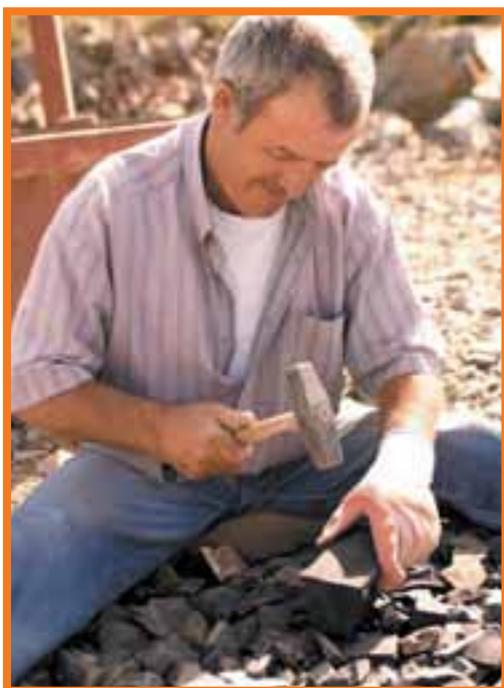
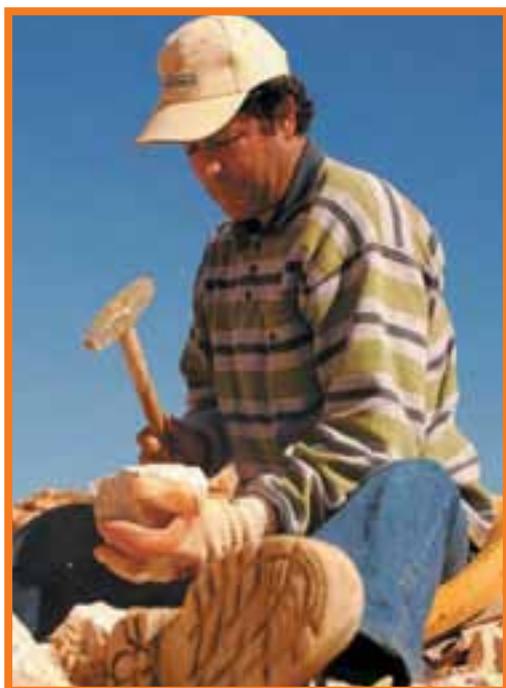


Figura 12 - As unidades de pedra “traçada” são depois partidas em unidades de vários tamanhos com um martelo que pesa 1 a 2 kg, estando então a calçada pronta para ser comercializada e aplicada.

Enquanto aguardam para serem vendidas e aplicadas, as pedras de calçada são armazenadas em estaleiro na área da pedreira.

A calçada tem sido transportada a granel,

mas ultimamente já se verifica a venda da calçada em sacos próprios (Big bag) – Figura 13, mesmo para o mercado nacional. Existem vários tamanhos de sacos: de 0,5 m³, 1 m³ e 1,5 m³.

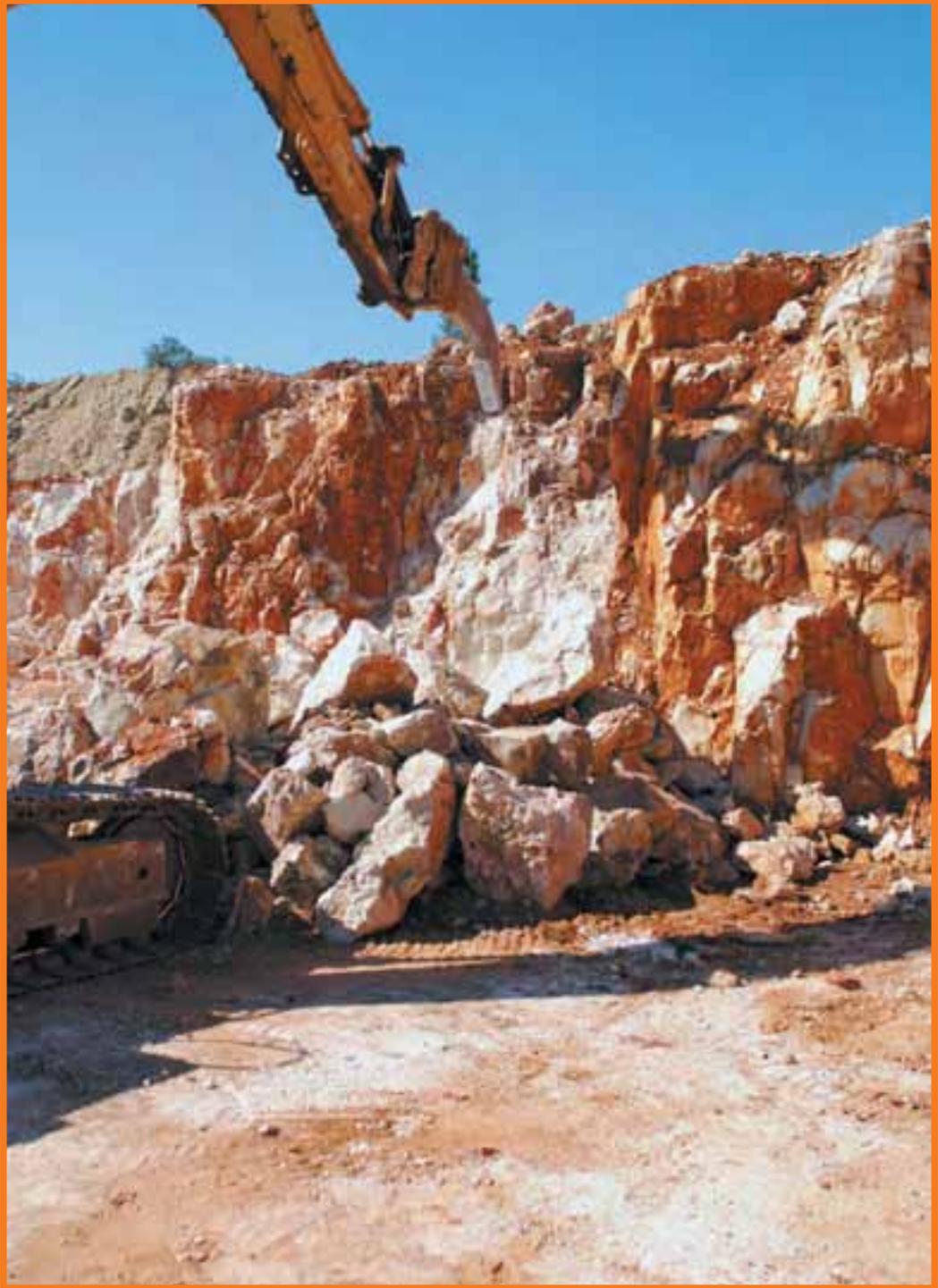


Figura 13 - Sacos Big bag utilizados como embalagem para o transporte da calçada.

A recente introdução de maquinaria para o corte da pedra de calçada tem vindo a possibilitar a melhoria da qualidade e a produtividade. Com efeito, actualmente já existem

algumas empresas que se dedicam à produção de calçada maquinada, em geral utilizando sobras de blocos destinados a pedra ornamental.









Coimbra

Francisco Marques

TONALIDADES DA PEDRA NA CALÇADA PORTUGUESA



A Calçada Portuguesa mais típica resulta do calcetamento com pedras de formato geralmente irregular de calcário e basalto ou de calcário claro e calcário negro, que podem ser usadas para formar padrões decorativos pelo contraste entre as pedras de cor diferente. As cores mais tradicionais são o preto e o branco, embora também sejam utilizados o bege-acas-

tanhado e o rosa-alaranjado ou avermelhado.

A gama habitual de tonalidades da calçada é a seguinte:

Pedra Branca (Figura 14)

Pedra Preta (Figura 15)

Pedra Cinzenta-escuro (Figura 16)

Pedra Cinzenta-clara (Figura 17)

Pedra Rosa (Figura 18)

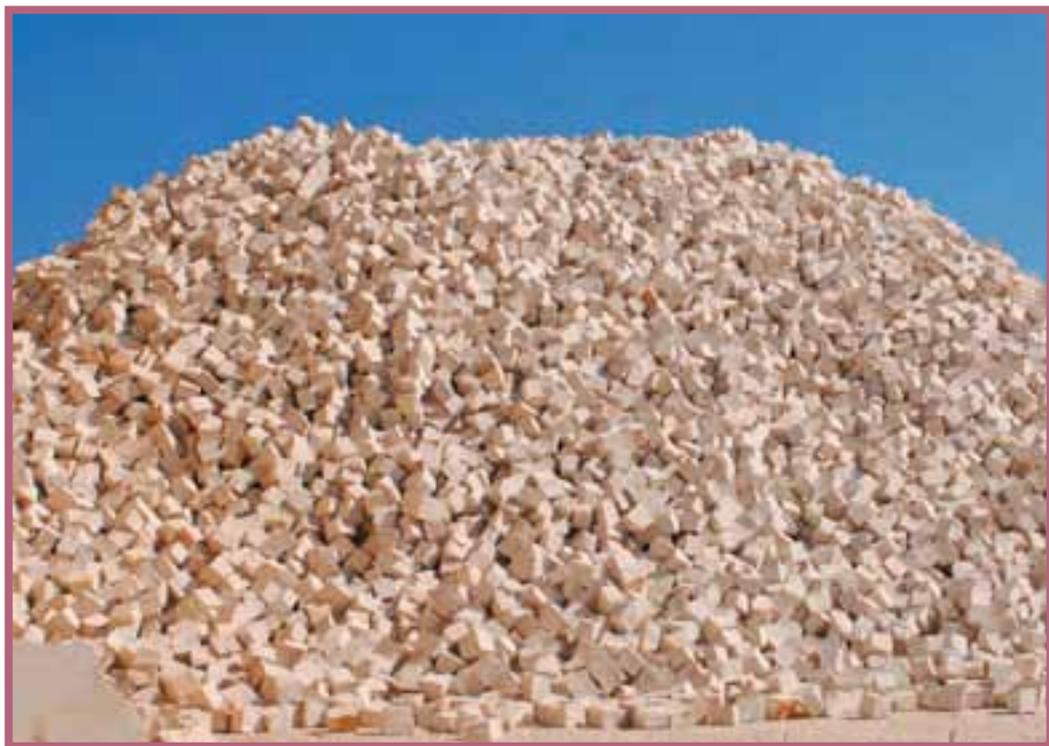


Figura 14 - Pedra Branca.





Figura 15 - Pedra Preta.



Figura 16 - Pedra Cinzenta - escura.



Figura 17 - Pedra Cinzenta - clara.



Figura 18 - Pedra Rosa.

DIMENSÕES DA CALÇADA PORTUGUESA

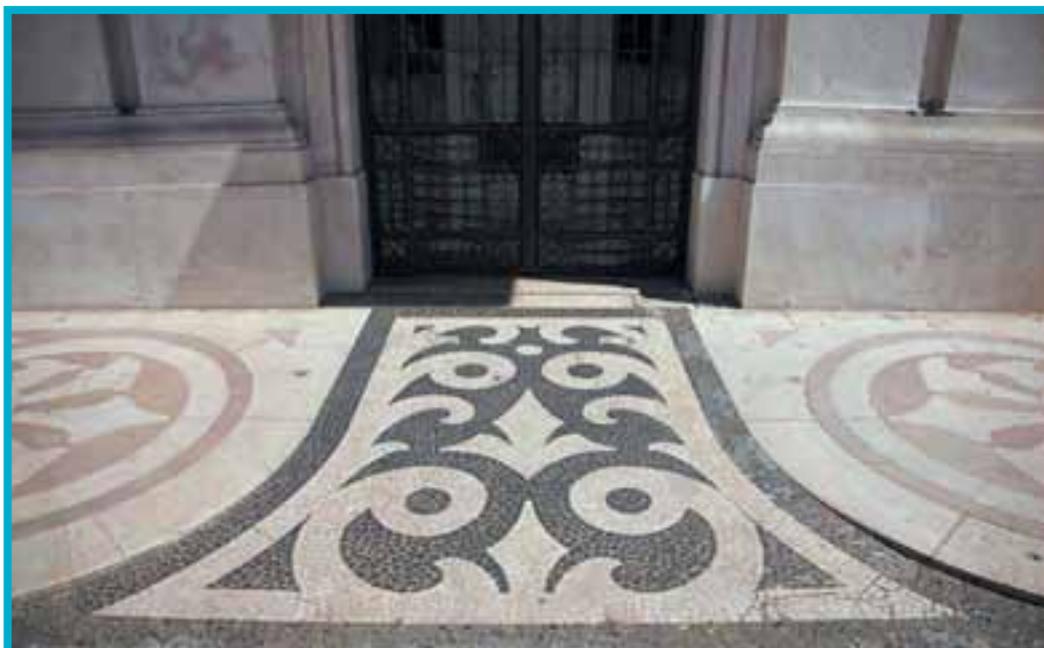


Tipologias fundamentais:

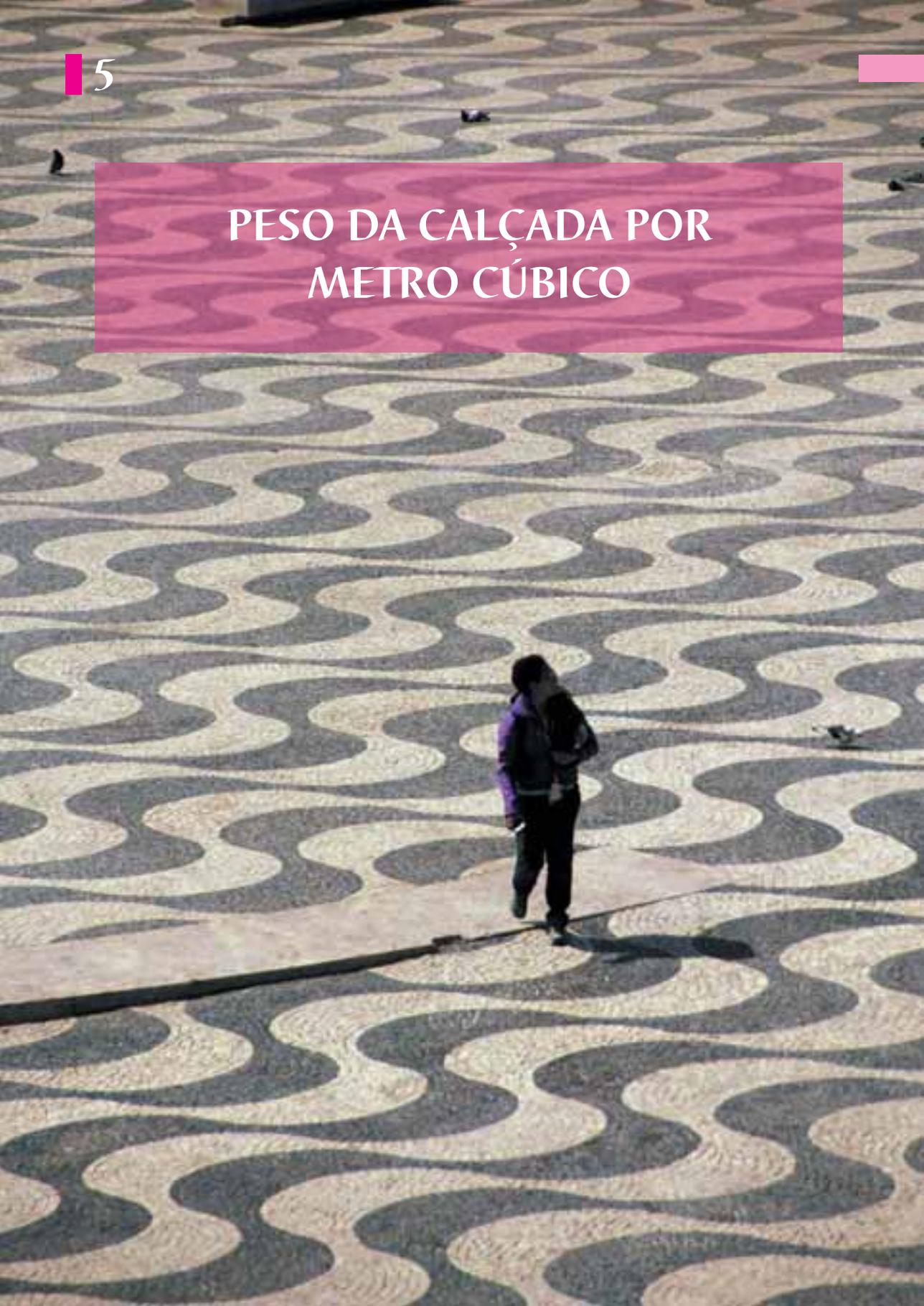
		Dimensões				Cores			
		4/5 cm	5/7 cm	9/11 cm	12/13 cm	Branca	Cinzenta	Preta	Rosa
Designação	<i>Grossa</i>				●	●	●	●	●
	<i>Meia Pedra</i>			●		●	●	●	●
	<i>Miúda</i>		●			●	●	●	●
	<i>Miudinha</i>	●				●	●	●	●

A tipologia a eleger depende em muito do tipo de obra a que se destina a calçada, sendo que para pavimentar passeios e zonas ajardinadas são recomendáveis as dimensões mais pequenas e para pavimentar vias com circula-

ção de veículos normalmente se usa a dimensão 12/13 cm. As tonalidades a utilizar e/ou a combinar dependem dos efeitos estéticos pretendidos e do orçamento, normalmente encarado sobretudo pelo custo da aplicação.



PESO DA CALÇADA POR METRO CÚBICO



Calçada branca: 1 m³ pesa 1300 kg, sendo este um valor aproximado em função das várias dimensões produzidas.

Calçada preta, cinzenta-escura, cinzenta-clara e rosa: 1 m³ pesa 1350 kg, igualmente um valor aproximado em função das várias dimensões produzidas.



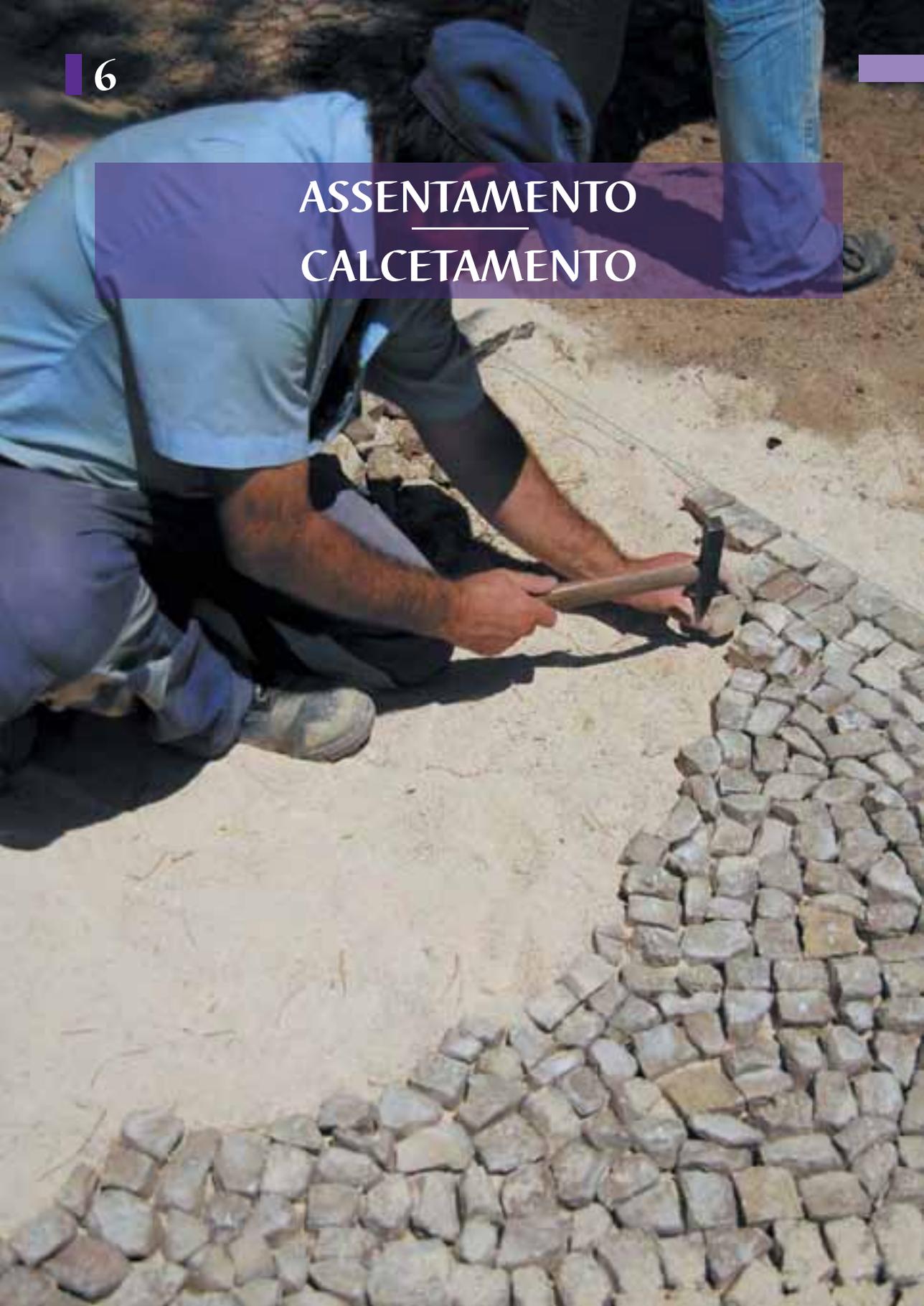




Porto

Ernesto Maros

ASSENTAMENTO CALCETAMENTO



O assentamento da calçada é efectuado por técnicos denominados calceteiros, os quais colocam as pedras sobre uma camada de material granular fino com o auxílio de martelinhos (Figura 19).

A execução de um trabalho de Calçada Por-

tuguesa envolve diversas fases, sendo que geralmente a primeira é a compactação do piso onde vai ser aplicada, piso esse que, se não apresentar a coesão necessária, requer que se faça uma sub-base de “tout-venant” compactado.



Figura 19 - Duas fases de um trabalho de calcetamento.

Seguidamente, para a obtenção de uma boa base, deverá ser distribuída uma camada de pó de pedra ou de areia com 4 a 15 cm de altura em função da dimensão da calçada que

vai ser aplicada (Figura 20). É nessa camada que irão ser assentes as pedras de calçada, o que irá evitar, no futuro, deformações do pavimento e o conseqüente “salto” das pedras.



Dimensões da calçada (cm)	Espessura da camada de pó de pedra/areia (cm)
4/5	4/7
5/7	7/10
9/11	10/15
12/13	10/15

Figura 20 - Variação da espessura da camada de pó de pedra ou de areia em função das dimensões da calçada.

Em complemento, as juntas deverão apresentar um espaço superior a 0,5 cm de forma a diminuir-se o risco de oscilações do piso. Esse

espaço entre as diferentes pedras da calçada também é variável em função das dimensões utilizadas e não deve exceder o seguinte:

Dimensões da calçada (cm)	Espaço (juntas) entre as pedras da calçada (cm)
4/5	0,5
5/7	0,5/1
9/11	0,5/1,5
12/13	0,5/2

Figura 21 - Variação da largura das juntas em função das dimensões da calçada (valores aproximados).





Figura 22 - Exemplo de trabalho com o espaço entre as calçadas (juntas) ainda por preencher.

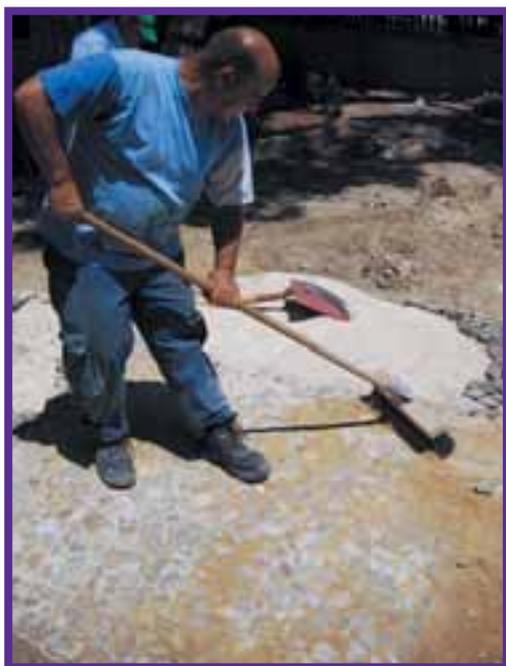


Figura 23 - Espalhando areia sobre a calçada com uma vassoura.

Para o fecho das juntas, a calçada é coberta com pó de pedra ou areia ou com uma mistura de areia e cimento espalhados com vassouras ou rodos (Figura 23). Quando é utilizado cimento, o “traço” é composto por $\frac{3}{4}$ de areia para $\frac{1}{4}$ de cimento. Em qualquer dos casos, a calçada é regada (Figura 24) para que o material de preenchimento se infiltre melhor nas juntas e posteriormente compactada (Figura 25) com a placa vibratória ou com o maço e, em alguns casos, utilizando pequenos cilindros.

Finalmente, espalha-se sobre a calçada um pouco de areia fina para que, recorrendo em muitas situações à escovagem da calçada com vassouras e rodos (Figura 26), se removam as sujidades e detritos gerados durante a execução.



Figura 24 - Regando a calçada.

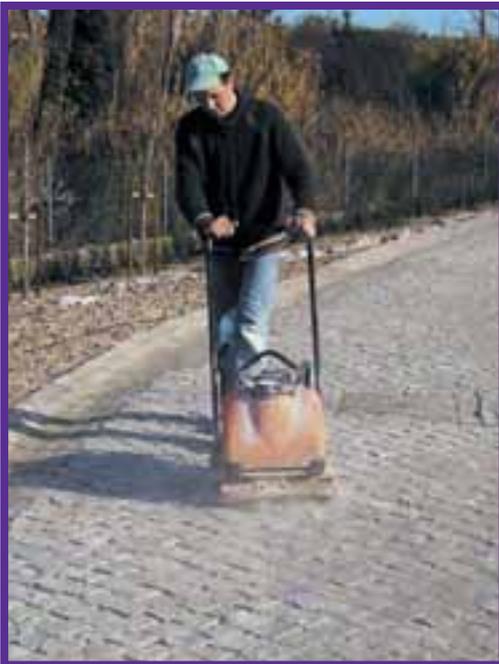


Figura 25 - Compactando a calçada com a placa vibratória e com o maço.



Figura 26 - Espalhando areia sobre um trabalho já concluído e escovando.

O pavimento deve ficar plano, limitando-se as inclinações aos casos em que seja recomendável a drenagem das águas pluviais ou seja necessária a execução de rampas de acesso para veículos, rampas junto a passarelas para peões e rampas de acessibilidade para diminuídos motores (ver Capítulo 7.3).

No caso concreto da calçada com motivos decorativos, a preparação do piso envolve a abertura de uma “caixa” cuja profundidade deve ser no mínimo superior em 3 cm relativamente à dimensão nominal da pedra a utilizar. Em geral, esta “caixa” tem profundidade compreendida em 8 e 10 cm. Seguidamente, o piso é compactado e, se necessário, reforçado

com “tout-venant” compactado. Colocado um leito de areia ou de pó de pedra (com ou sem cimento), assenta-se um molde de madeira, P.V.C. ou metal com o padrão do motivo a realizar. Começa-se então a colocar pedra de uma dada cor em todo o espaço exterior ao molde e nos espaços vazios que eventualmente possuía, iniciando o trabalho pela bordadura dos contornos do molde. O ajuste do tamanho e da forma de cada pedra é conseguido pelo destaque apropriado de lascas, segurando-a na concha da mão e percutindo-a com um martelo de pena. Completada esta fase, retira-se o molde e começa-se a preencher o espaço por ele deixado com pedra de outra tonalidade.

de. Finalmente, espalha-se uma camada fina de areia ou pó de pedra (também com ou sem cimento) e rega-se e compacta-se o conjunto até ficar à cota pretendida.

Refira-se que o calcetamento artístico se pode fazer com três tipos de aparelhagem da pedra – a “quadrado”, com medidas sensivelmente de 5 x 5 cm, a “sextavado”, com dimensão diametral idêntica e a “malhete”, ou seja com pedras sem formato regular e de tamanho variável, mas sempre pequeno, assentes livremente e de modo a acasalarem bem. Esta última modalidade, já em desuso, é a que inicialmente foi designada de “Calçada Portuguesa”. No Capítulo 6.2 descrevem-se e exemplificam-se estas técnicas de aplicação.

De um modo geral, pode-se afirmar que as características de um trabalho dependem em

muito da perfeição do assentamento.

Aludindo a novas perspectivas para a utilização da calçada, Santos (2004) assinala que “começamos a assistir hoje a um crescimento das aplicações da Calçada Portuguesa no segmento alto ou de luxo, normalmente em interiores de habitações, onde impera, por um lado a qualidade da pedra e, por outro, a perfeição do calcetamento. Estes aspectos, ligados ao tratamento posterior do empedrado através de afagamento e impermeabilização do calcário, configuram soluções técnicas que introduzem elevado valor acrescentado” (ver exemplos na Figura 27). Note-se que nas aplicações de calçada em interiores para polir, as juntas devem ser preenchidas com aguada de cimento (também chamada goma de cimento).

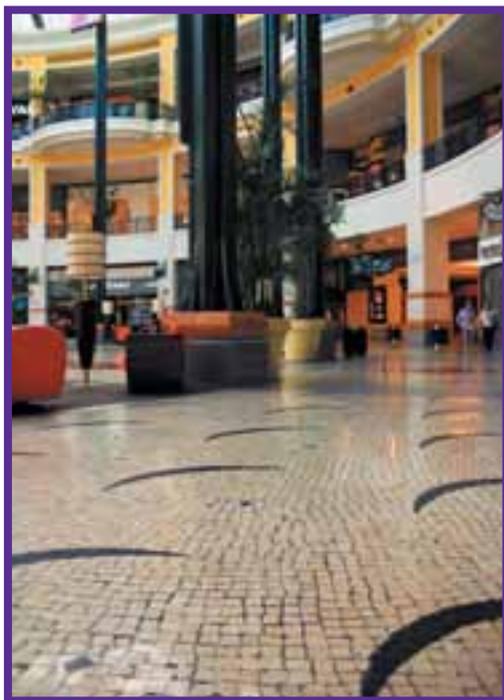
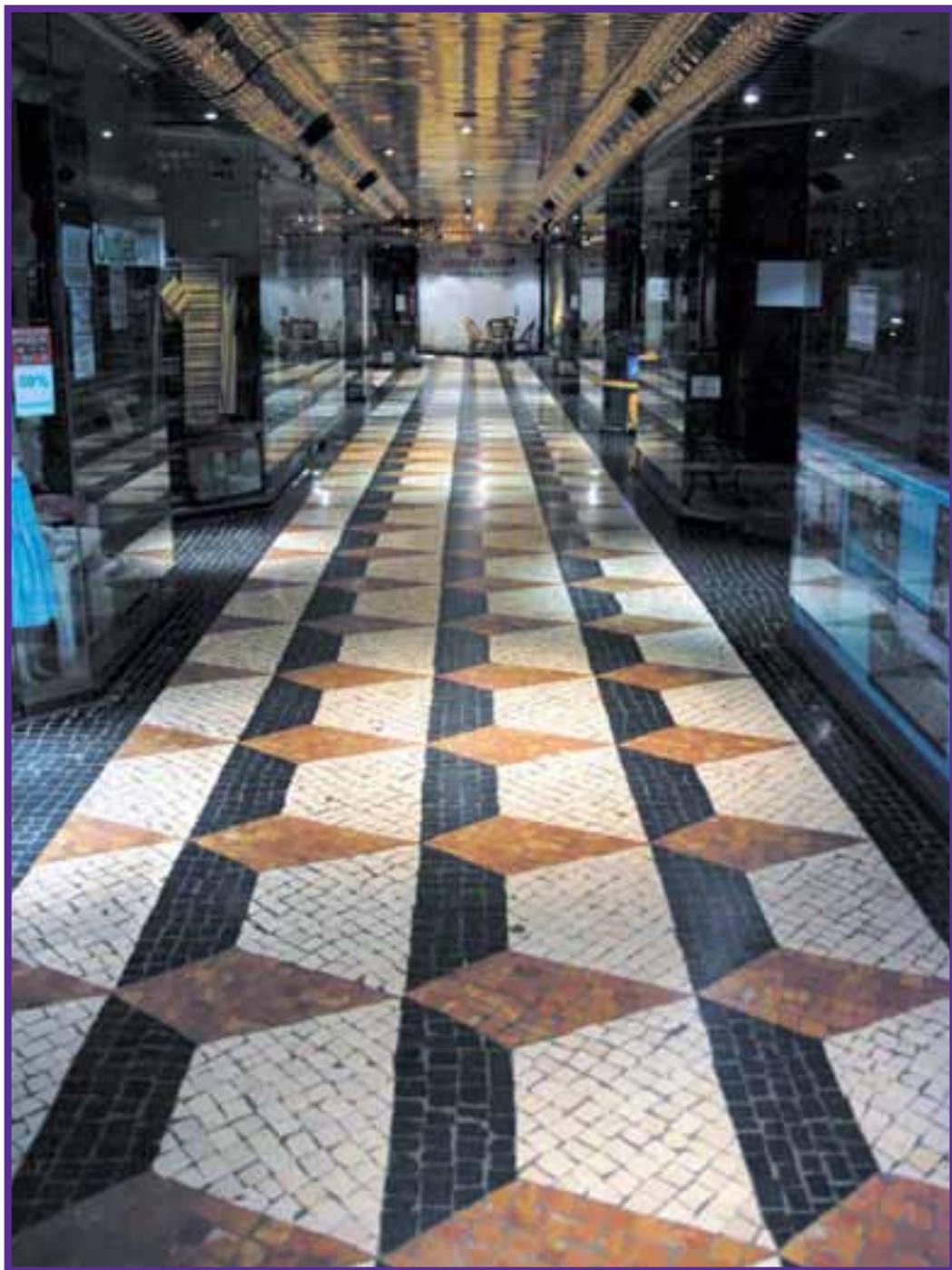


Figura 27 - Pavimentos de calçada em interiores.



De qualquer modo, os trabalhos finais devem ser cuidadosamente limpos (Figura 28) para que o seu aspecto não fique pre-

judicado pela adesão de sujidades ou, pior ainda, pela adesão de cimento, quando utilizado (Figura 29).

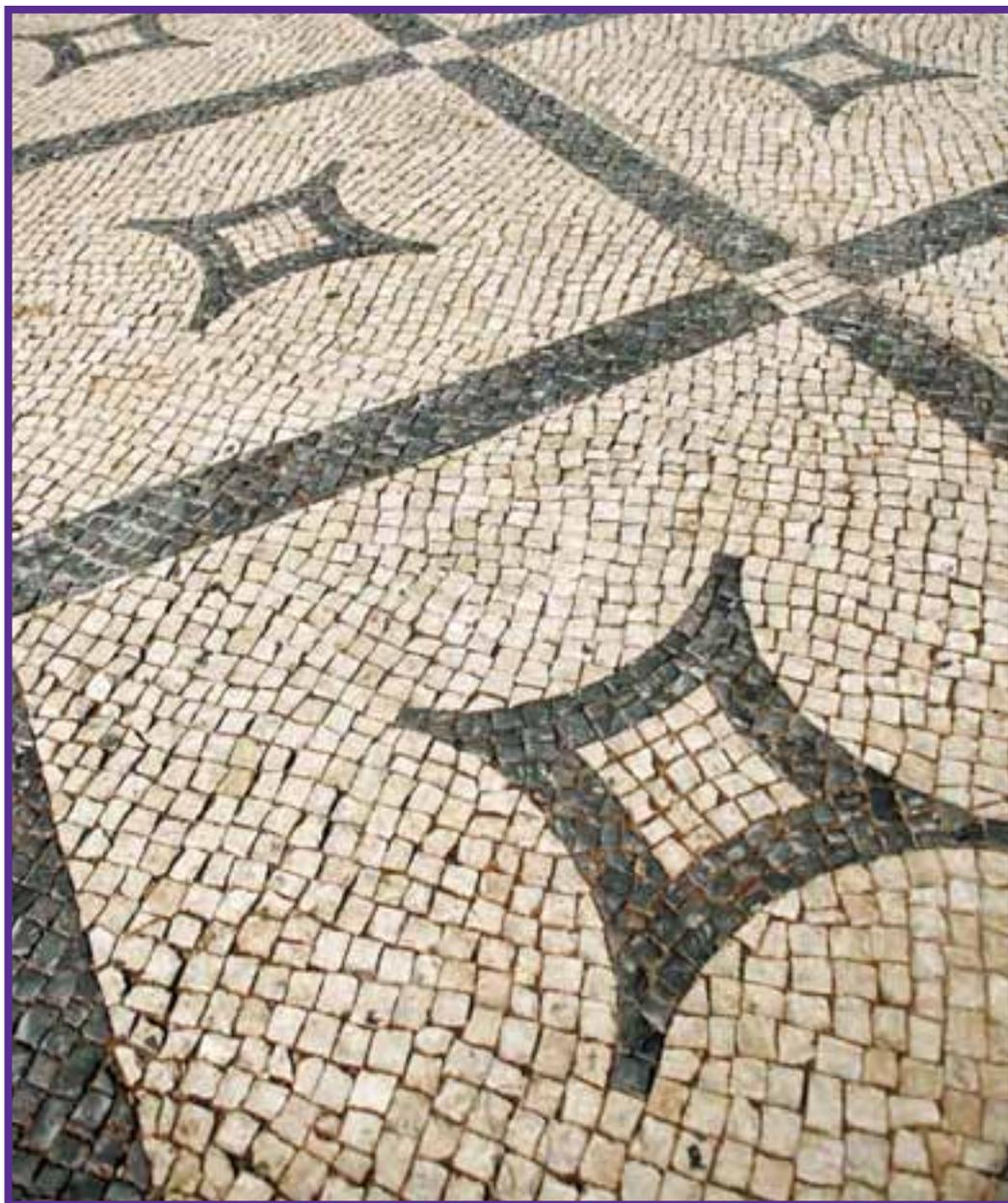


Figura 28 - Exemplo de calçada limpa.



Figura 29 - Exemplos de trabalhos mal limpos: o cimento que ficou na superfície e secou vai levar bastante tempo a desaparecer. A calçada dificilmente ficará devidamente limpa se não for muito “passeada”.

Ferramentas utilizadas na aplicação da calçada



Na Figura 30 apresentam-se as ferramentas mais comuns utilizadas na aplicação da calçada. Tal

como o trabalho de assentamento em si mesmo, trata-se sobretudo de ferramentas tradicionais.



Forquilha



Picareta



Martelo de bico ou de passeio



Banquinho



Pá



Carrinho de mão



Regador



Vassoura



Maço



Placa vibratória



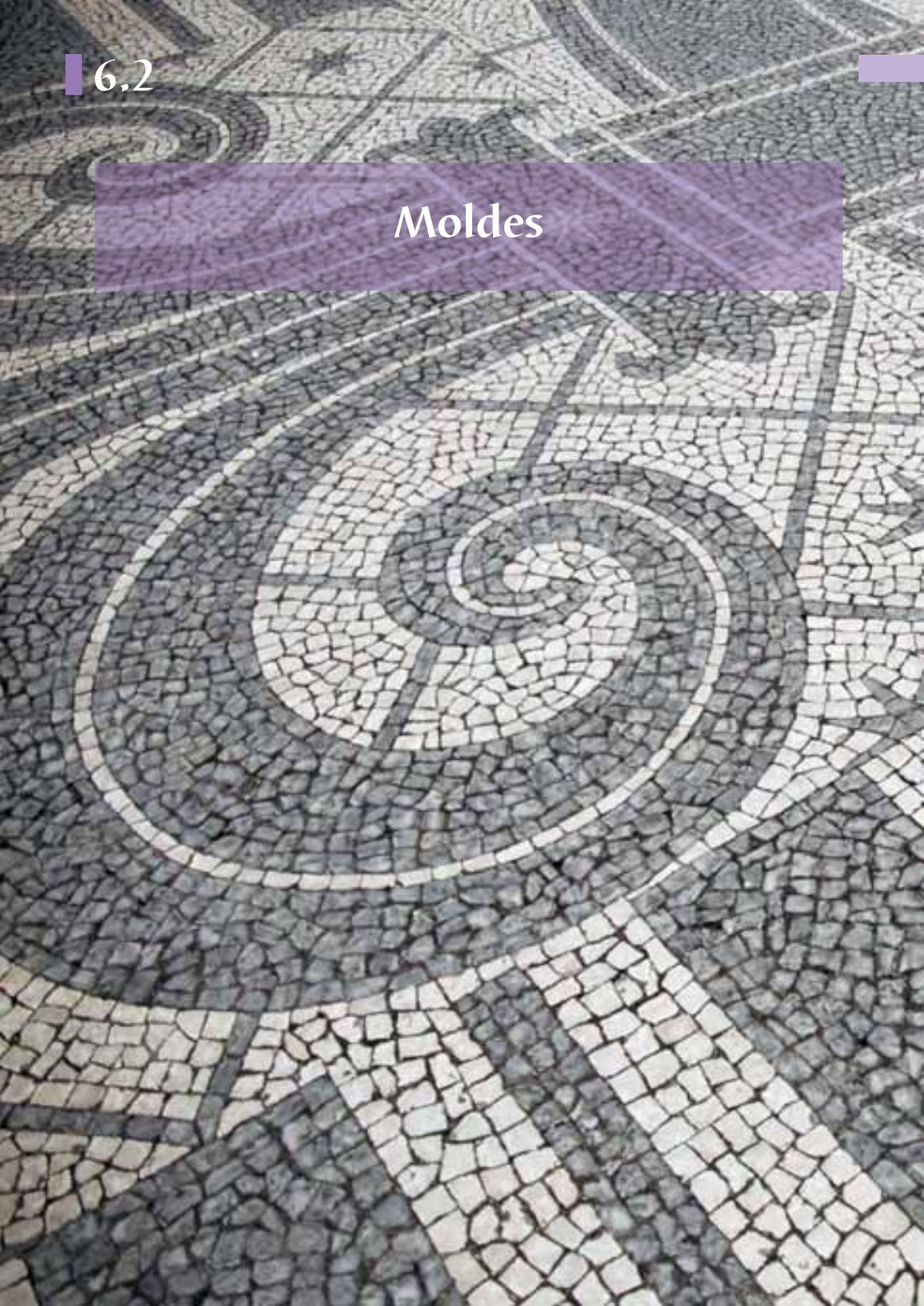
Marrreta

Figura 30 - Ferramentas mais utilizadas nos trabalhos de calcetamento.





Moldes



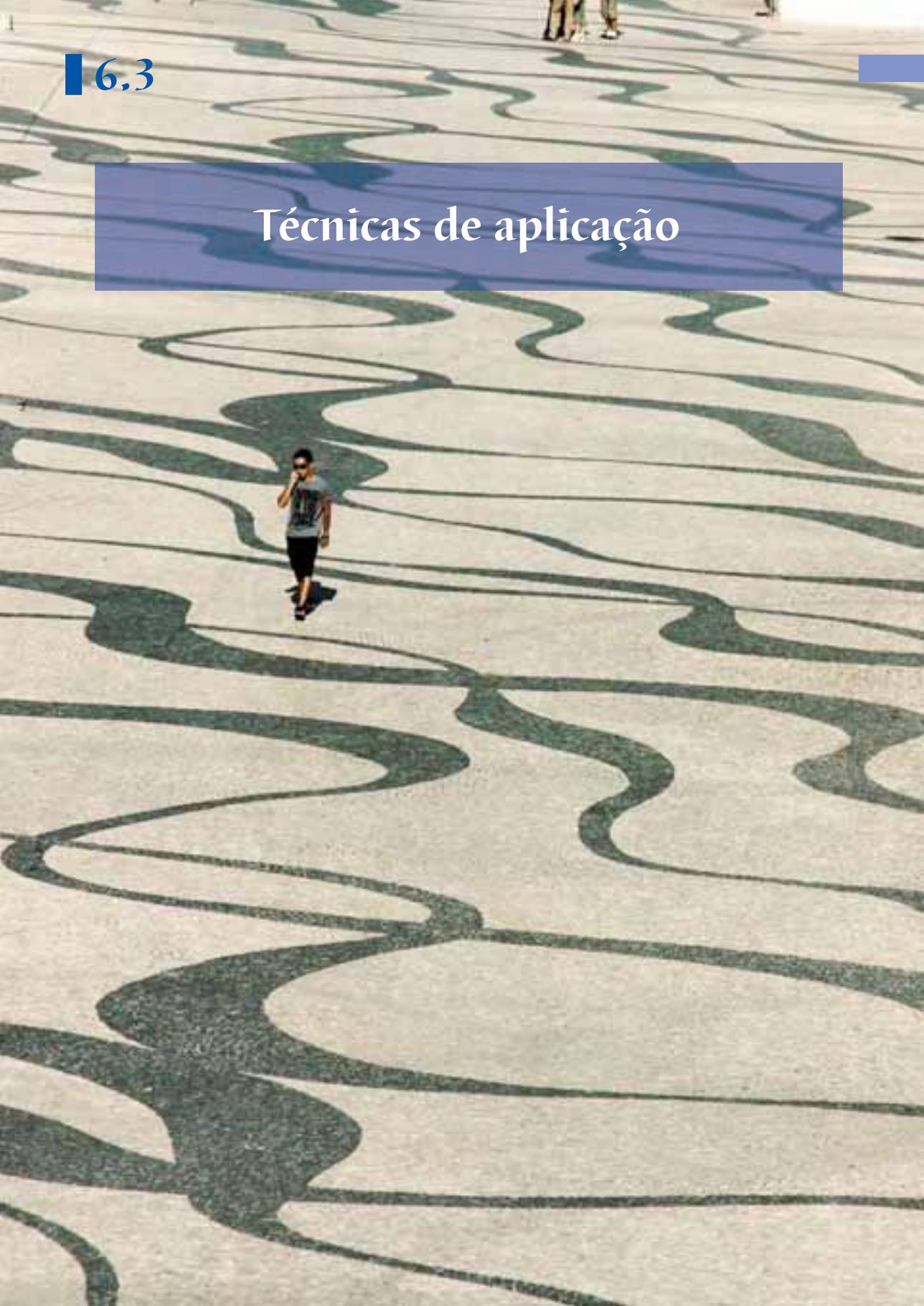
Após uma fase artesanal dos desenhos em calçada, foram criadas peças com recortes que permitem reproduzir repetidamente desenhos como tapetes, florões, caravelas, rosetas, animais, etc,

através da marcação de espaços pré-estabelecidos.

Inicialmente, os moldes eram feitos em madeira, utilizando-se actualmente o ferro e o P.V.C. .



Técnicas de aplicação



A pedra de calçada pode ser assente de várias formas, consoante as finalidades do trabalho a realizar e os motivos a incluir. As principais são as seguintes:

Quadrado ou fiada - Designa-se assim um trabalho geométrico de fiadas cobrindo uma superfície, feita com pedras de dimensão aproximadamente iguais.



Figura 31 - Assentamentos em quadrado e em fiada.

Em leque – Técnica de aplicação de belo efeito, muito utilizada em países do Norte da Europa mas que, ainda que menos frequentemente, também é usada em Portugal. Para

além dos elementos com formato cúbico, exige uma determinada percentagem de elementos trapezoidais e oblongos, alguns dos quais o calceteiro se encarrega de produzir no momento.

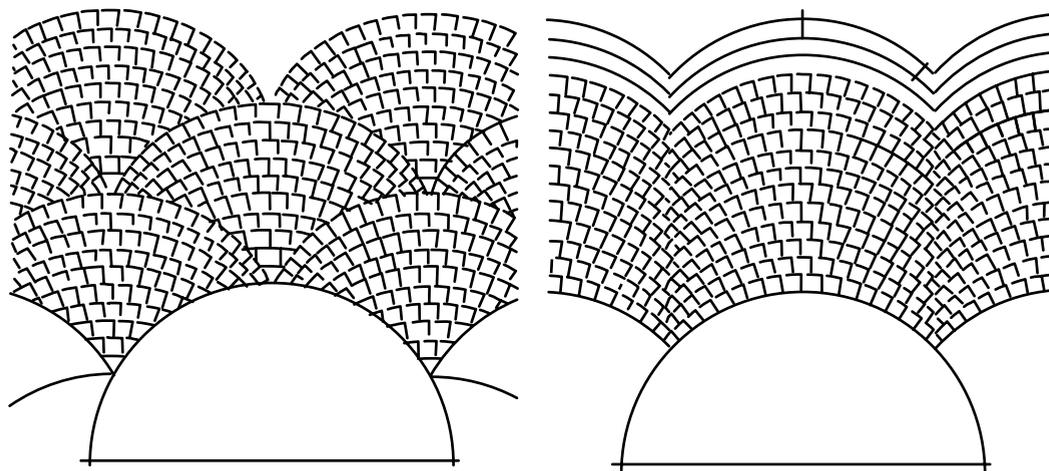


Figura 32 - Assentamento em leque e representação esquemática dos padrões mais comuns.

Malhete – Empedrado feito de pedras irregulares e de tamanho variável, assentes livremente, de modo a acasalarem.

Sextavado – Empedrado feito de pedra

branca ou preta, com forma hexagonal regular e largura diametral de 5 cm. É um dos tipos de trabalho que distinguem os bons mestres-calceteiros.



Figura 33 - Trabalho de assentamento a malhete datado de 1908



Figura 34 - Trabalhos com motivos decorativos em pedra sextavada.

Calçada Portuguesa – É a forma mais característica de empedrado feito com pedra calcária de quaisquer das dimensões usuais, assente de modo aleatório. No início da aplicação desta técnica utilizavam-se pedras de dimensões mais irregulares e com faces em bico. Hoje em dia utiliza-se a mesma técnica, mas com pedras de dimensões regulares e com as faces mais quadradas.

Grande parte dos trabalhos actuais em pedra calcária é realizada na forma de Calçada Portuguesa. O assentamento em qua-

drado ou fiada também tem alguma aplicação, principalmente quando o calcário é utilizado em combinação com granito em passareiras para peões ou em marcações em parques de estacionamento, por exemplo.

Como nota final, assinala-se que a técnica do malhete é, hoje em dia, muito pouco utilizada. Por seu turno, a técnica do sextavado, de execução mais exigente mas de belo efeito, ainda tem alguma aplicação, particularmente em trabalhos artísticos e decorativos.

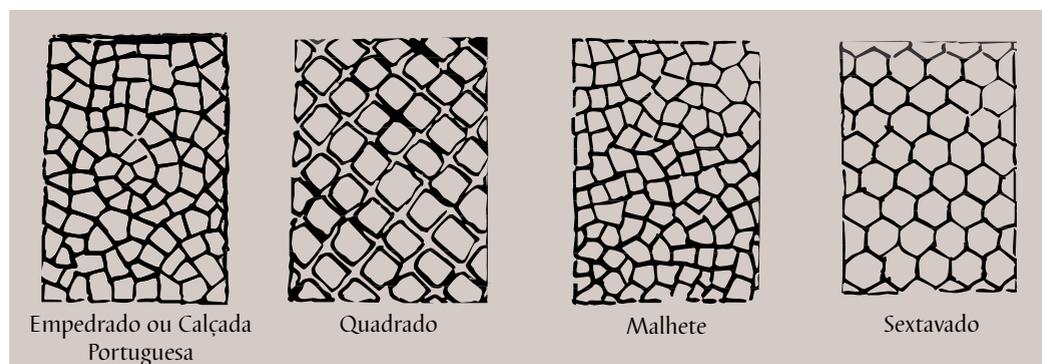
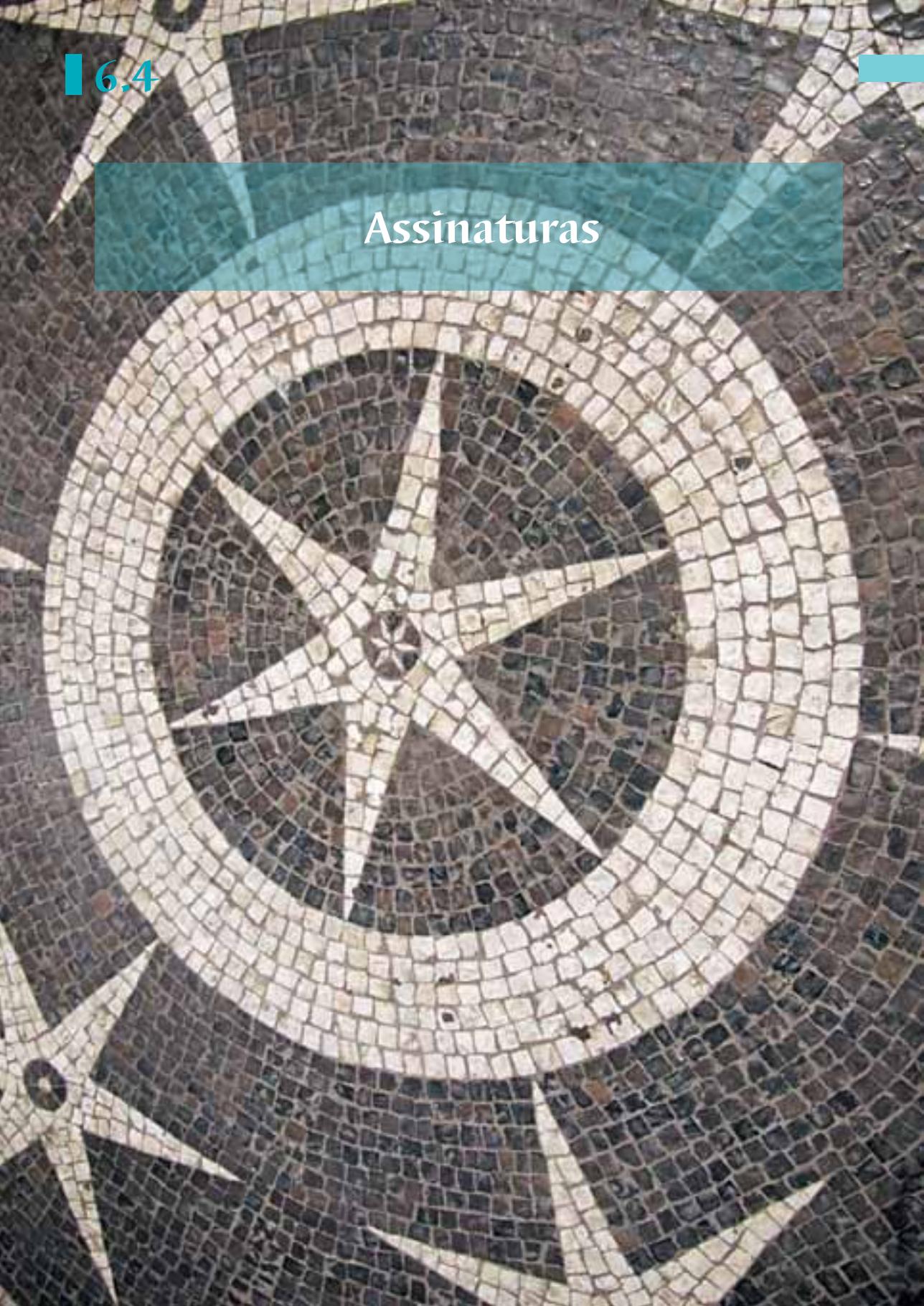


Figura 35 - Exemplo típico de Calçada Portuguesa.



Assinaturas



A assinatura na Calçada Portuguesa é um testemunho dos calceteiros-artistas que, tal como uma marca, identifica e personaliza um desenho.

As assinaturas são também uma demonstração de orgulho pessoal e de uma forte de-

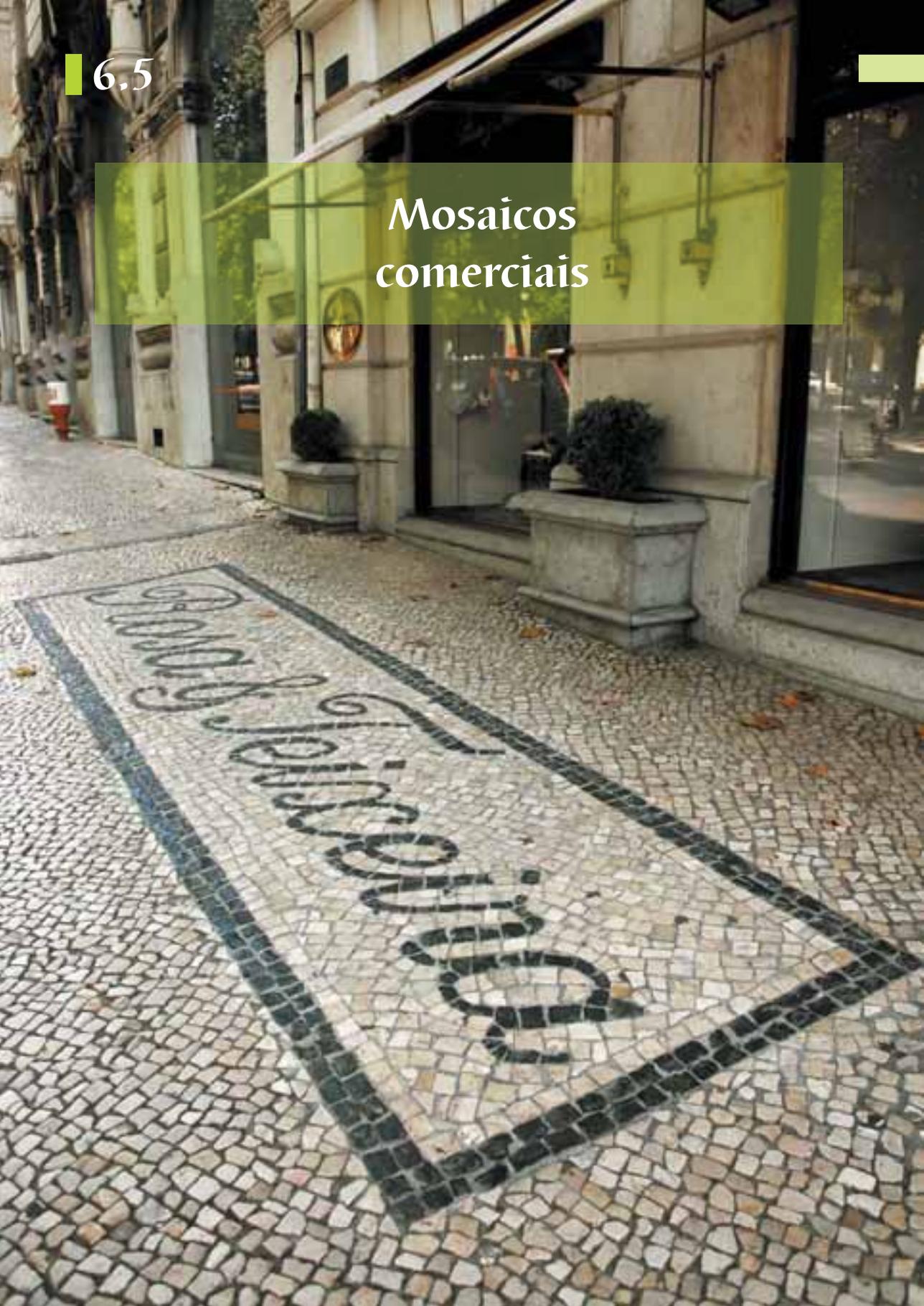
dicação à arte de calcetar.

As assinaturas na calcetaria são compostas pelo acasalamento de um número reduzido de pequenas pedras talhadas de forma triangular, hexagonal, quadrada, em concha e em pera.



Figura 36 - Assinaturas.

Mosaicos comerciais



Tal qual um carimbo de grandes proporções, o desenho de letras, siglas e logotipos comerciais em pavimentos exteriores e interiores é uma interessante demonstração das

capacidades da Calçada Portuguesa como meio de comunicação visual. Na Figura 37 apresentam-se alguns exemplos de trabalhos desse tipo.







Figura 37 - Vários exemplos de mosaicos comerciais.

ALGUNS ELEMENTOS PRÁTICOS SOBRE A CALÇADA PORTUGUESA



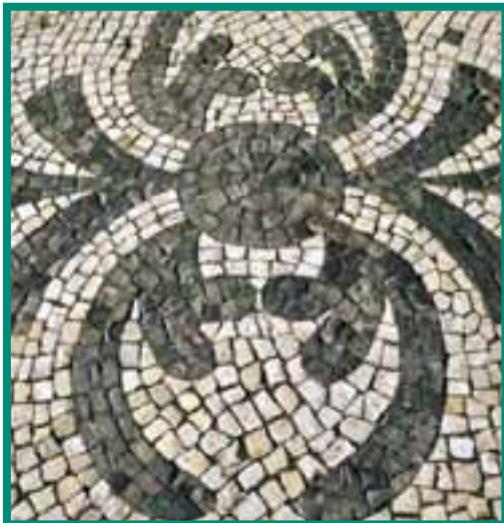
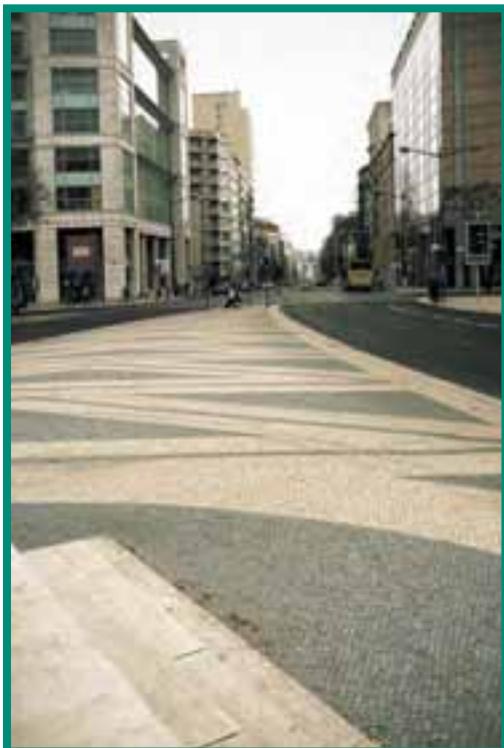
7.1 - Aplicações / Medidas

Medidas de calçada mais utilizadas consoante as aplicações:

- Passeios e circuitos para peões - 5/7 cm

- Ruas com circulação auto, garagens e estacionamento - 9/11 cm ou 12/13 cm

- Trabalhos artísticos - 4/5 cm



7.2 - Colorações mais comuns por tipo de aplicação

As tonalidades da calçada, simples ou combinadas umas com outras, são mais ou menos utilizadas em função das utilizações. Habitualmente, cada uma delas é mais usada nos seguintes casos:

- Passeios e circuitos para peões – Pedra branca
- Faixas e motivos decorativos – Pedra preta e cinzenta
- Parques de estacionamento e garagens – Pedra

branca e cinzenta-clara

- Motivos artísticos – Pedra branca combinada com pedra preta e/ou rosa.

Os calcários brancos são os mais utilizados nas aplicações da Calçada Portuguesa, encontrando-se presentes na maioria dos trabalhos. Podemos encontrar esta tonalidade praticamente em toda a parte (em passeios, ruas, praças, etc.).

Passeios



Figura 38 - Exemplos de aplicação da calçada branca em passeios.

Ruas



Figura 39 - Uma rua pavimentada com calçada branca.

Praças



Figura 40 - Pavimentos de praças com motivos geométricos elaborados com calçada branca e preta.

Parques de estacionamento



Figura 41 - Pormenor do pavimento de um parque de estacionamento confeccionado com calçada branca.

Também é comum encontrar-se a calçada branca conjugada com granito. Tal opção é

utilizada frequentemente em passeadeiras e em algumas ruas.





Figura 42 - Combinação de calçada branca com cubos (ver pg. anterior) ou lajes de granito.

Trabalhos ornamentais e artísticos

Os calcários pretos e os cinzento-escuros são geralmente aplicados para efectuar faixas

em passeios e desenhos artísticos e geométricos nas praças e nas ruas.



Figura 43 - Exemplos da combinação de calçada preta com calçada branca e cinzenta.



Figura 44 - Alguns exemplos da utilização de calçada cinzenta - clara.

A calçada rosa, embora usualmente se destine à feitura de desenhos artísticos, tem sido

aplicada também em ruas e praças, mas em menor escala.



Figura 45 - A calçada rosa utilizada em motivos decorativos.

Para pequenos trabalhos artísticos também se utiliza calcário amarelo, disponível em menores quantidades.



Figura 46 - Trabalho artístico que combina pedras de várias cores.

7.3 - Aspectos importantes a ter em conta na aplicação da Calçada Portuguesa

Como já vimos, existem várias técnicas de aplicação da Calçada Portuguesa. Muitas vezes, a calçada não é bem aplicada, cometendo-se inúmeros erros nessa fase. Por isso, a seguir são apresentados vários aspectos que importa considerar para que os trabalhos de Calçada Portuguesa venham a ser bem sucedidos.

- Compactação do solo

Nos exemplos seguintes, ambos de aplicação de calçada em passeios, não se verificou uma correcta compactação do solo, pelo que o terreno cedeu ao ser pisado por veículos, originando a deslocação e o “arrancamento” das calçadas.



Figura 47 - Exemplos de má compactação da sub-base da calçada, com a consequente deterioração do pavimento por rodados de veículos.

A Figura 48 também apresenta casos de má compactação do solo. Quando o terreno cedeu, as caixas, como estão fixas, não

oscilaram. Mas, por sua vez, a calçada deformou-se e as pedras soltaram-se à volta das caixas.



Figura 48 - Outros exemplos de deterioração do pavimento por má compactação da sub-base.

- Juntas

Como se pode observar nas imagens da Figura 49, as juntas são demasiado largas e, para além de provocarem um caminhar desagradável, as pedras podem soltar-se do solo

com maior facilidade (por exemplo no caso de serem pisadas por veículos). Uma das fotos mostra o “arrancamento” da calçada devido às juntas serem demasiado largas.



Figura 49 - Exemplos de calçadas com juntas de largura excessiva, mostrando a consequente deterioração do pavimento.

Portanto, as juntas devem ser uniformes, dentro das medidas padrão (Figura 50).



Figura 50 - Exemplos de calçadas com juntas de largura apropriada.

- Nivelamento dos pavimentos. Rampas

Assim como as juntas não devem ter abertura excessiva, também as pedras assentes devem ficar ao mesmo nível e o pavimento deve ser plano (o abaulamento, apenas se justifica para drenagem das águas pluviais e regra geral só será permitido até uma altura máxima de 2 % da largura do pavimento). As rampas de acesso para veículos não devem ocupar toda a

calçada (devem limitar-se, no máximo, a 60 cm da largura do passeio) e em caso algum devem pôr em causa a comodidade e a segurança dos peões. Nos arruamentos, junto a passadeiras para peões e em acessibilidades para diminuídos motores, será de realizar uma rampa da ordem de 1,2 a 1,8 m segundo a transversal do passeio e, quando a largura deste for inferior a 1,5 m, a calçada deve ser toda rebaixada.



Figura 51 - Rampa para peões e um exemplo de calçada rebaixada.

- Passadeiras

O contraste branco-escuro é muito utilizado para assinalar passadeiras para peões. Mas, como se verifica na Figura 52, em muitas situações têm sido utilizadas calçadas de dimensões pouco adequadas. Neste caso particular, utilizou-se pedra

9/11 cm com a face muito irregular, que foge ao padrão do empedrado de granito, o qual possui dimensões maiores e uniformes.

É mais um caso que concorre para um caminho menos confortável e para facilitar o destaque das pedras da calçada.



Figura 52 - Combinação de formatos pouco adequados para uma passadeira.

A passadeira da Figura 53 constitui um exemplo de boa aplicação da calçada: juntas

pequenas e uniformes, calçada preta e branca de dimensões uniformes e com face regular.



Figura 53 - Exemplo de uma passadeira bem confeccionada.

Para que uma passadeira seja bem visível, é aconselhável utilizar calcários do tipo vidro, principalmente o branco. Os

calcários vidro são mais resistentes e não se sujam tão facilmente como os calcários macios.



Figura 54 - Pavimento sujo de uma passadeira devido à utilização de calcários pouco duros.

- Aplicação da calçada à volta de tampas e caixas ou em cercaduras

Em volta das tampas de esgotos e de caixas verifica-se, muitas vezes, uma má aplicação da Calçada Portuguesa. Nas imagens da Figura 55, a calçada foi aplicada

sempre da mesma forma, em enchimento, até encostar às tampas o que obriga as pedras junto das tampas e caixas a ficarem em “bico”, dando um mau aspecto e originando facilmente o destaque das pedras da calçada.



Figura 55 - Defeitos de calcetamento junto a tampas e caixas.

Em contrapartida, os exemplos que se seguem (Figura 56) representam aplicações bem realizadas. Foi colocada uma fiada em volta das tampas, que dá uma maior resistência à calça-

da envolvente e evita, assim, o “arrancamento” das pedras. As cercaduras ilustradas na imagem inferior da mesma figura foram realizadas de modo idêntico.



Figura 56 - Exemplos de bom calcetamento junto a caixas e tampas e em bordaduras.

- Reposições de calçada (restauro ou remendos)

Por vezes, quando a pedra da calçada é removida por algum motivo, é necessário repô-la, reutilizando, muitas vezes, a pedra que foi retirada. Mas, como se observa nas



imagens da Figura 57, existem casos em que a pedra é assente sem obedecer ao padrão existente e sem qualidade na aplicação. Para se efectuar um bom trabalho de reposição é necessário recorrer a um calceteiro com experiência.



Para além disso, uma boa reconstrução implica que se utilize pedra com dimensões iguais às da pedra original, caso esta não possa ser recuperada. É evidente o mau aspecto visual dos casos de reposição observados na Figura 58, em que o pavimento teve de ser parcialmente removido devido à realização de obras no subsolo.

Figura 57 - Dois maus trabalhos de reparação da calçada.



Figura 58 - Outros casos mal sucedidos de restauro da calçada por desrespeito do padrão de assentamento original.

- Qualidade da calçada

É sabido que existem diferentes qualidades de calçada e que esta é aplicada nos mais diversos espaços. Por isso, é indispensável escolher-se a calçada apropriada para cada obra.

Mas, em muitas situações, utilizam-se tipos de calçada inadequados. É frequente verem-se obras que foram realizadas com uma calçada de menor qualidade, aplicada com pouco rigor, o que transmite uma má imagem das capacidades da Calçada Portuguesa como pavimento. Tais factos acontecem principalmente nas obras

públicas, em que um dos principais factores é o custo da obra, esquecendo-se a qualidade. Nessas circunstâncias, há quem recorra a uma pedra de menor qualidade e consequentemente de menor custo, e a aplique sem o indispensável rigor técnico.

Para se evitarem estes erros, é necessário que as autarquias tenham em consideração a qualidade da calçada e a da sua aplicação, exigindo que se utilize o tipo de pedra mais indicado e que sejam seguidas as boas práticas de execução da Calçada Portuguesa.



7.4 - Cálculo de custos da calçada

Normalmente a Calçada Portuguesa é vendida de duas formas: nas explorações e como produto final (venda da calçada + aplicação).

Dentro das mesmas dimensões, o custo da calçada pode variar consoante o tipo de pedra e a sua qualidade.

Preço da calçada junto das explorações

Pedra Branca

Dimensões (cm)	Custo por m ³ (€)
4/5	125 a 150
5/7	60 a 75
9/11	55 a 70
12/13	55 a 70

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,18 € a 0,25 €

Pedra Preta

Dimensões (cm)	Custo por m ³ (€)
4/5	180 a 200
5/7	140 a 160
9/11	200 a 250
12/13	250 a 280

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,40 € a 0,45 €

Pedra Cinzenta - escura

Dimensões (cm)	Custo por m ³ (€)
4/5	150 a 170
5/7	90 a 110
9/11	90 a 110
12/13	110 a 120

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,20 € a 0,25 €

Pedra Cinzenta - clara

Dimensões (cm)	Custo por m ³ (€)
4/5	150 a 160
5/7	70 a 80
9/11	60 a 70
12/13	50 a 60

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,20 € a 0,25 €

Pedra Rosa

Dimensões (cm)	Custo por m ³ (€)
4/5	350 a 500
5/7	250 a 270
9/11	250 a 270
12/13	240 a 250

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,40 € a 0,45 €

Preço da calçada como produto final

A venda de calçada como produto final inclui a calçada, o transporte da calçada e a sua aplicação.

O custo é efectuado por m², excepto para cubos de 10 cm, vendidos a preços unitários que incluem o transporte e a aplicação.

Pedra Branca

Dimensões (cm)	Custo por m ² (€)
4/5	30 a 35
5/7	15 a 22
9/11	15 a 20
12/13	15 a 20

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,22 € a 0,27 €

Pedra Preta

Dimensões (cm)	Custo por m ² (€)
4/5	30 a 40
5/7	25 a 30
9/11	30 a 40
12/13	35 a 40

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,50 € a 0,60 €

Pedra Cinzenta - escura

Dimensões (cm)	Custo por m ² (€)
4/5	25 a 30
5/7	20 a 25
9/11	20 a 25
12/13	35 a 40

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,35 € a 0,40 €

Pedra Cinzenta - Clara

Dimensões (cm)	Custo por m ² (€)
4/5	25 a 30
5/7	20 a 25
9/11	20 a 25
12/13	15 a 25

Preço de cubos de 10 cm (unidade) - 0,35 € a 0,40 €

Pedra Rosa

Dimensões (cm)	Custo por m ² (€)
4/5	30 a 45
5/7	30 a 35
9/11	30 a 35
12/13	35 a 40

Preço de cubos de 10cm (unidade) - 0,50 € a 0,60 €



7.5 - Rendimento em função das dimensões da calçada

Este rendimento é expresso, para cada classe dimensional, em termos dos m^2 de pavimento construídos com cada m^3 de calçada.

Dimensões (cm)	m^3	m^2
4/5	1	17 a 18
5/7	1	12 a 13
9/11	1	9 a 10
12/13	1	8 a 9

Estes rendimentos podem variar ligeiramente, pois dependem da qualidade do produto e do calceteiro.

7.6 - Cálculo base de m^2 de aplicação por dia

Calçada com desenhos artísticos na medida 4/5: 8 m^2 / 8 h, por calceteiro.

por calceteiro.

Calçada na medida 9/11: 20 m^2 / 8 h,

Calçada na medida 5/7: 15 m^2 / 8 h, por calceteiro.







CARACTERÍSTICAS DA PEDRA NATURAL PARA CALÇADA PORTUGUESA



Já ficou dito que a qualidade de um trabalho de calçada assenta fundamentalmente em três vertentes: as características do tipo de pedra utilizado, a qualidade da produção e a qualidade do calcetamento.

O primeiro destes factores, que ainda falta abordar e que constitui o assunto deste Capítulo, está ligado aos processos geológicos que conduziram à génese e posterior evolução das formações produtivas.

Na área do Maciço Calcário Estremenho, as pedreiras de calcário para calçada encontram-se predominantemente inseridas na unidade “Vidraços da base”, datada do Batoniano Inferior (Jurássico Médio), mas também são explorados calcários pertencentes à unidade dos “Vidraços do topo”, estes do Batoniano Superior. Trata-se, em ambos os casos, de calcários micríticos com cimento parcialmente microcristalino, muito compactos, formados em ambiente aquático de fraca

energia, localmente de plataforma de maré, tendo os primeiros cor esbranquiçada e os últimos cor cinzenta ou negra, sendo que esta tonalidade não é alheia aos efeitos de uma intrusão dolerítica na zona de Alqueidão da Serra. Formam bancadas em geral pouco inclinadas que se desenvolvem sobretudo em extensão, pelo que, na sua qualidade de formações sedimentares, exibem variações texturais que determinam a existência de pedra com diferentes características físicas e mecânicas consoante o local de exploração e consoante a camada explorada.

Na Orla Sedimentar Algarvia também se explora pedra para calçada de cor esbranquiçada e de cor avermelhada em formações calcárias do Portlandiano-Kimeridgiano (Jurássico Superior). Do ponto de vista genético e textural são semelhantes aos calcários para calçada mais comuns do Maciço Calcário Estremenho.

8.1 - Características petrográficas, mineralógicas e químicas

No Quadro I sintetizam-se os resultados do estudo petrográfico, mineralógico e químico realizado sobre amostragens dos calcários nacionais mais utilizados para a produção de calçada.

Trata-se de rochas compactas com textura bastante homogénea e matriz muito fina, composta fundamentalmente por calcite micrítica, e no seio da qual ocorrem algumas manchas dispersas ou pequenas lineações constituídas por calcite microcristalina (esparite). As manchas dispersas correspondem, por vezes, a zonas espatizadas da matriz micrítica e, em muitos casos, a

fragmentos de fósseis diversos (bioclastos) e as lineações devem-se ao preenchimento de fissuras muito finas com calcite. Algumas das variedades estudadas contêm oólitos e pellets com forma sub-esférica, ovalada ou elipsoidal.

Química e mineralogicamente, são calcários bastante puros cujo principal constituinte, o CaCO_3 , oscila entre 95 e 99 % do total. Os constituintes acessórios limitam-se a pequenas quantidades de óxidos e hidróxidos de ferro e, apenas em alguns casos, de sulfuretos (pirite), de matéria carbonosa e, ainda mais raramente, de quartzo detrítico.

Quadro 1 - Características petrográficas, mineralógicas e q

Tipos litológicos	Descrição macroscópica	
Pedra branca a bege-esbranquiçada (Planalto de Santo António - Porto de Mós e Santarém)	Calcário de cor bege clara, por vezes quase branca, compacto, com estrutura homogénea, por vezes muito rico em restos de fósseis, predominantemente conchas, em geral constituídas por calcite espatizada.	Calcário pre química, co aloquímicos fósseis diver parcialment
Pedra preta (Alqueidão da Serra - Porto de Mós)	Calcário de cor cinzenta escura a negra, homogéneo, compacto, com pontuações dispersas de sulfuretos metálicos e de matéria carbonosa. Ocorrem, por vezes, manchas de calcite espatizada com cor clara, que podem corresponder a restos de fósseis ou a microfissuras irregulares preenchidas.	Calcário de parcialment carbonosa (
Pedra cinzenta-escura (Alqueidão da Serra - Porto de Mós)	Calcário de cor cinzenta escura, compacto, com estrutura algo heterogénea, caracterizada pela alternância de zonas com estrutura mais irregular onde ocorrem agregados e pontuações escuras (sulfuretos e matéria carbonosa) e manchas claras que parecem corresponder a restos de fósseis, com outras de constituição mais homogénea e compacta.	Calcário de parcialment dispersos e carbonosa (
Pedra cinzenta-clara (Alqueidão da Serra - Porto de Mós) (Reguengo do Fetal - Batalha)	Calcário de cor bege acastanhada com aspecto compacto e homogéneo, apresentando por vezes uma pátina amarelada ou avermelhada provocada por alteração superficial.	Calcário de com zonas maioria a re de quartzo hidróxidos
Pedra rosa (Ataboeira - Albufeira)	Calcário de cor amarela-alaranjada, compacto, com estrutura geral homogénea, por vezes com geodes centimétricos preenchidos por calcite e óxidos e hidróxidos de ferro.	Calcário pre química, co dispersos no parcialment

8.2 - Características físico - mecânicas

Embora no caso dos pavimentos de Calçada Portuguesa sejam relevantes os predicados de natureza estética, não podemos deixar de lembrar que a escolha correcta dos tipos de pedra a utilizar numa determinada aplicação se orienta cada vez mais por factores económicos, numa óptica de preço/durabilidade, o

que torna imprescindível o conhecimento das características técnicas de cada tipo de pedra para se evitarem prescrições menos adequadas que venham a pôr em causa a vida útil da obra realizada. Nesse contexto, disponibilizam-se no Quadro II elementos técnicos que serão úteis para o bom uso da nossa pedra para calçada.

Quadro II - Características físico-mecânicas dos

	Resistência à compressão	Idem, após ensaio de gelo (48 ciclos)	Resistência à flexão	Massa volúmica aparente	A
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kg/m ³)	a
Tipos litológicos					
Pedra branca a bege-esbranquiçada (Planalto de Santo António - Porto de Mós e Santarém)	80 a 130	75 a 120	11,0 a 14,0	2470 a 2600	
Pedra preta (Alqueidão da Serra - Porto de Mós)	115 a 180	100 a 160	9,5 a 13,5	2700 a 2720	
Pedra cinzenta-escura (Alqueidão da Serra - Porto de Mós)	100 a 130	80 a 110	10,5 a 13,5	2640 a 2700	
Pedra cinzenta-clara (Alqueidão da Serra - Porto de Mós) (Reguengo do Fetal - Batalha)	70 a 100	55 a 80	9,0 a 13,0	2390 a 2600	
Pedra rosa (Ataboeira - Albufeira)	50 a 70	50 a 80	8,0 a 10,5	2510 a 2600	

NOTA: Tendo em conta as características das jazidas e cientes da variabilidade das características físicas e mecânicas (Estremenho), achámos preferível indicar os intervalos de valores mais prováveis para tais propriedades.



Os principais tipos de pedra de calçada nacional

Propriedades físico-mecânicas						
Absorção de água à pressão atmosférica	Porosidade aberta	Coefficiente de dilatação térmica linear	Resistência ao desgaste Capon	Resistência ao escorregamento	Resistência ao choque	Resistência ao gelo
(%)	(%)	($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	(mm)	(SRV)	(cm)	(nº de ciclos)
Valores mais prováveis						
2,0 a 3,0	4,7 a 7,0	2,5 a 3,5	21,0 a 23,5	65 a 75	25 a 30	≥ 48
0,0 a 0,2	0,1 a 0,3	4,6 a 5,5	20,0 a 21,0	70 a 75	20 a 25	> 48
0,2 a 0,9	0,5 a 2,5	4,6 a 5,5	20,0 a 21,5	70 a 75	25 a 30	24 a 36
2,0 a 4,0	4,7 a 9,3	4,5 a 5,0	21,0 a 22,5	50 a 60	25 a 30	não resistente
1,5 a 2,5	3,5 a 5,8	3,5 a 4,0	22,0 a 24,0	70 a 75	25 a 30	≈ 48

da pedra consoante o local de exploração e consoante a camada explorada (nomeadamente no Maciço Calcário





ANÁLISE DA NORMA EN 1342 - CUBOS E PARALELEPÍPEDOS EM PEDRA NATURAL PARA PAVIMENTOS EXTERIORES



A Norma harmonizada EN 1342:2001 – “Cubos e paralelepípedos de pedra natural para pavimentos exteriores – Requisitos e métodos de ensaio” foi elaborada pelo CEN TC 178 – WG 2 e inclui as disposições necessárias para avaliação e atestação da conformidade desses produtos e para a respectiva marcação CE.

Na versão de 2001, algumas das metodologias de ensaio encontram-se sob a forma de Anexos. Esta Norma foi revista e já se encontra em Voto Formal, tendo sofrido ajustamentos importantes que, em breve, os produtores terão de vir a considerar. Como é muito provável que a última versão disponível venha a ser adoptada sem grandes modificações, achamos preferível fazer uma análise sumária da futura EN 1342, nomeadamente para dar a conhecer as alterações introduzidas.

Como nota importante, assinala-se que o IPQ tem procedido à tradução para português das normas EN publicadas, versões essas que passam a ser designadas por normas NP EN (por ex^o, a versão em português da EN 1342 é designada por NP EN 1342).

Síntese das disposições constantes na actual versão revista da EN 1342:

• Terminologia

As definições dos termos aplicáveis aos produtos são apresentadas na parte inicial da Norma. Apenas destacamos aqui que são consagradas duas tipologias fundamentais de cubos e de paralelepípedos: serrados e rachados (estes os mais comuns da produção nacional) e que, em qualquer dos casos, estas tipologias podem ser alvo de acabamento superficial fino ou grosseiro.

• Requisitos sobre as características do aspecto visual

A Norma preconiza que, por cada fornecimento, o produtor/fornecedor deve disponibilizar ao cliente uma amostra de referência constituída por um número adequado de elementos de pedra natural de dimensões suficientes para indicarem o aspecto do produto final. Tais elementos devem mostrar a aparência aproximada do produto no que respeita à cor, ao venado, à textura e ao acabamento da superfície.

A amostra de referência deve ser preparada e entregue ao cliente como um meio para mostrar características específicas da pedra, tais como, orifícios no caso do travertino, pequenas cavidades no caso dos mármore, lenticulas, agregados e bandas minerais, veios cristalinos e manchas que possam vir a ocorrer nos produtos oferecidos.

NOTA: Estas características não devem ser consideradas como defeitos e, por isso, em princípio não devem ser utilizadas como motivo para rejeição do material.

Entretanto, até agora qualquer das Normas referentes aos produtos para pavimentos exteriores é omissa quanto à periodicidade de verificação das características do aspecto visual durante o Controlo da Produção em Fábrica (CPF). Sugere-se que tais características sejam verificadas em cada lote produzido, cujo tamanho deve ser definido pelo produtor, que também deve definir o número de elementos a amostrar para verificação.

- **Requisitos sobre as características geométricas**

A EN 1342 indica as tolerâncias admissíveis para as características geométricas de cubos e paralelepípedos em pedra natural. As maiores exigências (ver Quadro III) vão para os produtos

serrados e para os produtos que receberam acabamento superficial, cujas dimensões devem ser declaradas em medidas fixas a não ser que sejam fornecidos em medidas aleatórias. É de notar que a "Calçada Portuguesa" é tipicamente produzida em dimensões aleatórias dentro de várias gamas comerciais, as quais não são portanto definidas

Quadro III - Disposições normativas gerais referentes às tolerâncias para paralelepípedos de pedra natural, de acordo com a revisão

		Comprimento, largura e espessura (tolerâncias diferentes consoante as dimensões nominais)
Dimensões nominais	Acabamento das faces	Classe 0
≤ 60 mm	Trabalhadas	Sem requisitos
	Rachadas	
> 60 mm a ≤ 120 mm	Trabalhadas	
	Rachadas	
> 120 mm	Trabalhadas	
	Rachadas	
		Desvios de perpendicularidade por face (tolerâncias diferentes consoante as dimensões nominais)
Dimensões nominais		Classe 0
60 a 120 mm		Sem requisitos
> 120 mm		
¹ Apenas duas faces podem apresentar corte excessivo superior a 5 mm		
		Irregularidades nas faces rachadas (tolerâncias diferentes consoante se trate de faces rachadas ou trabalhadas)
		Classe 0
Faces rachadas		Sem requisitos
Faces com acabamento grosseiro		

a) Tolerâncias impostas pela versão revista da EN 1342 relativamente às dimensões nominais declaradas

por uma dimensão nominal fixa, mas sim por um intervalo nominal (mínimo-máximo). Eventualmente, estes produtos também poderão ser enquadrados na Classe 0 agora prevista na revisão da EN 1342, sem tolerâncias expressas por Norma e, nessas circunstâncias, as tolerâncias deverão ser objecto de acordo entre o cliente e o produtor.

Tolerâncias para as características geométricas de cubos e da EN 1342

Tolerâncias ^{a)}				
Forma e espessura (dependendo da classe de marcação e o tipo de acabamento das faces)				
	Classe 1		Classe 2	
	±7 mm		±5 mm	
	±10 mm		±7 mm	
	±10 mm		±5 mm	
	±15 mm		±10 mm	
	±10 mm		±7 mm	
	±15 mm		±12 mm	
Limite de corte excessivo das faces laterais ¹ (dependendo das dimensões nominais e a classe de marcação)				
	Classe 1		Classe 2	
	Máximo para um dos lados	Máximo para a soma em lados opostos	Máximo para um dos lados	Máximo para a soma em lados opostos
	15 mm	25 mm	10 mm	15 mm
	25 mm	30 mm	15 mm	20 mm
Tolerâncias para as características geométricas de cubos e da EN 1342 com acabamento grosseiro (dependendo do tipo de acabamento grosseiro e consoante a classe de marcação)				
	Classe 1		Classe 2	
	±10 mm		±5 mm	
	±5 mm		±3 mm	

• Requisitos sobre as características da pedra

O Quadro IV indica as características essenciais que devem ser determinadas e declaradas para cubos e paralelepípedos de acordo com a versão da EN 1342 resultante da revisão em curso. O mesmo Quadro também indica outras características (voluntárias),

consideradas pela Norma como importantes do ponto de vista comercial mas que não influenciam a satisfação dos requisitos essenciais das obras em que os produtos serão utilizados.

Quando aplicável, o produtor/fornecedor também deve declarar se a superfície do produto foi submetida a tratamento químico e referir as características desse tratamento.

Quadro IV -Características a controlar e a declarar no caso de cubos e paralelepípedos de pedra natural

Características essenciais (relevantes para marcação CE)	Método de ensaio segundo a Norma
Resistência à compressão	EN 1926
Resistência ao gelo	EN 12371
Resistência ao desgaste	EN 14157
Resistência ao escorregamento/deslizamento ¹	EN 14231
Outras características (voluntárias)	
Estudo petrográfico	EN 12407
Absorção de água à pressão atmosférica	EN 13755
Massa volúmica aparente e porosidade aberta	EN 1936

¹ Os produtos com rugosidade superficial superior a 1 mm são considerados anti-derrapantes e isentos deste ensaio.

NOTAS:

- Pelo facto de a Norma ser omissa quanto à periodicidade de realização dos ensaios, estes devem ser realizados de acordo com o estabelecido no CPF, sugerindo-se como regra geral o seguinte:

- Pelo menos cada 2 anos: resistência à compressão, absorção de água e massa volúmica aparente e porosidade aberta;
- Pelo menos cada 10 anos: resistência ao gelo, resistência ao desgaste, resistência ao escorregamento/deslizamento e estu-

do petrográfico.

- Está previsto que futuramente o número de ciclos do ensaio de gelo, executado segundo a EN 12371, seja fixado em 56 (em vez dos 48 prescritos na EN 1342:2001) no caso de ensaio tecnológico. No caso de ensaio de identificação, o resultado do ensaio é expresso pelo número de ciclos de gelo-degelo necessários para que seja atingido um dos critérios de deterioração por efeito da acção do gelo estabelecidos na EN 12371.

• Avaliação da conformidade

O sistema de avaliação da conformidade previsto para os produtos utilizados em pavimentos exteriores em áreas destinadas à circulação de peões e de veículos é o Sistema 4, no qual os ensaios de tipo inicial e o Controlo da Produção em Fábrica (CPF) ficam exclusivamente a cargo do produtor e sob a sua responsabilidade.

- Ensaios de tipo inicial

Os ensaios de tipo inicial são necessários para a determinação dos valores a declarar relativamente a cada propriedade. Devem ser realizados quando:

- se tiver de demonstrar, pela primeira vez e antes que um produto seja posto à venda, a sua conformidade com a Norma harmonizada correspondente;
- se verificar uma alteração significativa das matérias-primas, do processo de produção ou da concepção do produto, isto é, quando tais alterações fizerem com que o produto resultante deva ser considerado como pertencendo a um novo tipo.

A este propósito, cabe chamar a atenção para as alterações em curso à Directiva “Produtos de Construção” (Proposta_Revisão_DPC, 2008), as quais se encaminham no sentido de autorizar que os fabricantes possam “recorrer aos resultados dos ensaios realizados por terceiros em conformidade com as especificações técnicas harmonizadas pertinentes, desde que as matérias-primas de base sejam as mesmas e o sistema de fabrico seja similar”. No entanto, a mesma proposta de alterações refere que “um fabricante só pode utilizar os resultados

de ensaios realizados por outro fabricante se obtiver autorização para tal deste último, que permanece responsável pelo rigor, fiabilidade e estabilidade desses resultados”. Esta nova orientação é uma resposta cabal a uma das várias dificuldades que a aplicação da DPC tem suscitado e, caso seja aprovada, será sem dúvida bem recebida.

Os valores a declarar pelo produtor para cada característica devem ser representativos da produção corrente. Em geral, a EN 1342 indica a modalidade de expressão dos resultados de ensaio (por exemplo, o valor médio, o desvio padrão e o valor mínimo ou máximo esperado); se isso não for expressamente referido na Norma, e a fim de se ser prudente, sugere-se declarar os valores mais desfavoráveis obtidos (conforme a propriedade da qual se trate, nuns casos serão de declarar os valores mínimos e, noutros casos, serão de declarar os valores máximos).

NOTA: Algumas Normas de ensaio (por ex^o, EN 1926, EN 12372, EN 13161, EN 13364) contêm um Anexo normativo - Avaliação estatística dos resultados, onde é explicado e exemplificado o cálculo do cálculo do valor médio (\bar{x}), do desvio padrão (s), do coeficiente de variação (v) e do valor mínimo esperado (E).

- Controlo da produção em fábrica

O produtor tem obrigatoriamente de implementar um sistema interno de Controlo da Produção em Fábrica (CPF) permanente e documentado. Os requisitos a que deve obedecer o controlo interno da produção de cubos e paralelepípedos estão estabelecidos na EN 1342, sendo que os resultados dos ensaios efectuados durante o CPF devem demonstrar que os pro-

ditos colocados no mercado são conformes com a Norma aplicável e com os valores (ou as classes) declarados(as) pelo produtor.

Nos casos em que o processamento da pedra seja susceptível de alterar as características do produto final relativamente ao material inicial (por exemplo, em consequência do tipo de processo produtivo ou porque são utilizados produtos de tratamento químico da superfície), essas circunstâncias têm de ser contempladas no âmbito do Controlo da Produção em Fábrica.

O CPF deve ser adequado à dimensão de cada empresa, bem como à complexidade do processo produtivo e deve consistir em pro-

cedimentos de controlo interno da produção corrente sob a forma de métodos e procedimentos escritos acerca da realização de verificações de inspecção e ensaios regulares e da utilização dos respectivos resultados para controlo das matérias-primas, do equipamento utilizado, do processo de produção e dos produtos finais, incluindo as acções a desencadear no caso de produtos não conformes. No Quadro V apresenta-se um esquema orientativo para a estruturação de um Manual de Controlo da Produção em Fábrica, o qual deve ser alvo de ajustamento (no geral, simplificação) tendo em conta as características de cada unidade produtora de cubos e paralelepípedos.

Quadro V - Estrutura geral de um Manual de Controlo da Produção em Fábrica

- | | |
|---|---|
| 1. Objectivo e âmbito | 4.3 Controlo do equipamento de produção |
| 2. Organização | 4.4 Processo produtivo |
| 2.1 Organigrama | 5. Amostragem e inspecção do produto |
| 2.2 Responsabilidade, autoridade e competências | 5.1 Ensaaios de tipo inicial |
| 3. Controlo de documentos e registos | 5.2 Inspeção e ensaios do produto |
| 4. Controlo da produção | 5.3 Controlo do equipamento de medição |
| 4.1 Diagrama de produção | 6. Controlo de produtos não conformes |
| 4.2 Controlo das matérias-primas | 7. Tratamento de reclamações |
| | 8. Marcação CE e rotulagem |

- Matérias-primas

Todas as especificações sobre matérias-primas e os procedimentos visando assegurar a sua conformidade devem ser documentados.

- Processo de produção

Devem ser definidas as principais características da instalação industrial e do processo de produção, a frequência das verificações e

ensaios, juntamente com os critérios relativos quer ao equipamento utilizado, quer ao acompanhamento da produção. Devem ser definidas as acções correctivas a desenvolver sempre que não sejam cumpridos os valores ou os critérios de controlo estabelecidos.

- Ensaios sobre o produto final

Deve ser definido um plano de amostragem (de acordo com o Anexo A da revisão da Norma) para os ensaios sobre os produtos finais e os respectivos resultados devem ser registados e estarem disponíveis para inspecção. Caso sejam utilizados procedimentos de ensaio alternativos aos dos ensaios de referência, deve ser demonstrada, para inspecção, a correlação entre os mesmos. Todo o equipamento de pesagem e de medição utilizado nos ensaios e verificações deve ser calibrado e o procedimento, a frequência e os critérios de aceitação dos valores de calibração devem ser estabelecidos.

Os registos do produtor devem incluir, pelo menos, o seguinte:

a) identificação do produto ensaiado;

b) informações sobre a amostragem:

- local e data da amostragem;
- identificação do lote de produção amostrado;
- frequência da amostragem;
- formato e quantidade de amostras;

c) os métodos de ensaio utilizados;

d) os resultados dos ensaios efectuados;

e) os registos da calibração dos aparelhos.

- Controlo de existências

Deve ser especificado o controlo das existências de produtos finais, bem como os procedimentos para as acções a desenvolver no caso de produtos não conformes (reprocessar os produtos, reclassificá-los ou rejeitá-los).

- Critérios de aceitação

Os ensaios para verificação das características geométricas e físico-mecânicas devem ser realizados em amostras representativas (ver ANEXO A da EN 1342 revista).

Segundo essa mesma Norma, os critérios de conformidade para aceitação de um lote ou de uma remessa são os seguintes:



Quadro VI - Critérios de aceitação estabelecidos na EN 1342 revista

Propriedade/Característica	Método de ensaio de acordo com	Critério de aceitação
Dimensões	EN 13373	Conformidade com as tolerâncias permitidas
Planeza	EN 13373	Conformidade com as tolerâncias permitidas
Resistência ao gelo-degelo	EN 12371	Conformidade com o valor declarado
Resistência à compressão	EN 1926	O valor médio e mais de 80 % dos valores individuais devem ser superiores ao valor mínimo declarado
Resistência ao desgaste	EN 14157	O valor médio e mais de 80 % dos valores individuais devem ser inferiores ao valor máximo declarado
Resistência ao escorregamento/deslizamento	EN 14231	O valor médio deve ser igual ou superior ao valor declarado
Absorção de água à pressão atmosférica	EN 13755	O valor médio e mais de 80 % dos valores individuais devem ser inferiores ao valor máximo declarado
Massa volúmica aparente e porosidade aberta	EN 1936	Conformidade com o valor declarado
Descrição petrográfica	EN 12407	Conformidade com a descrição petrográfica apresentada

• Atestação da conformidade

O disposto nos documentos resultantes das orientações prescritas na Directiva 89/106/CE “Produtos de Construção” impõe que todos os fornecimentos de pedra para a construção devam ser acompanhados por documentos que atestem a sua conformidade com o disposto nas Normas aplicáveis, a saber, uma declaração de conformidade, válida no espaço da UE, com base na qual o produtor ou o seu mandatário estabelecido na Comunidade são autorizados a apor a marcação CE no próprio produto, na sua embalagem ou nos documentos comerciais de acompanhamento.

O Anexo ZA da EN 1342 enumera as informações que esses documentos devem conter.

- Declaração de conformidade CE

Concluídas todas as obrigações para a ava-

liação da conformidade (ensaio de tipo inicial e Controlo da Produção em Fábrica (CPF) a cargo do produtor e realizados sob a sua responsabilidade), o produtor deve preparar e conservar uma “Declaração de conformidade CE”, indicativa de que os seus produtos cumprem os requisitos previstos na Norma aplicável (EN 1342).

A Declaração de conformidade CE deve incluir o seguinte:

- nome e endereço do produtor ou do seu representante autorizado estabelecido no EEE, assim como o local de produção;
- descrição do produto (tipo, identificação, utilização,...) e uma cópia das informações que acompanham a marcação CE;
- disposições com as quais o produto é conforme (por exemplo, o Anexo ZA da EN 1342);
- condições particulares aplicáveis à utilização do produto, quando necessário (por

exemplo, disposições para utilização em condições especiais);

- nome e cargo da pessoa habilitada para assinar a Declaração de conformidade.

A Declaração de conformidade deve ser re-

digida na língua ou línguas oficiais do Estado-Membro em que o produto irá ser utilizado. O produtor é o responsável pela tradução.

Ver, a seguir, dois exemplos desse documento.

Documento 1 - Exemplo de Declaração de conformidade CE de pedra para calçada

Martins & Filhos, Lda

Sede: Rua de Baixo, 36 – 2480-203 Mendiga

Tel.
e-mail

Fax
Endereço web www.

Declaração de Conformidade CE

Para os efeitos convenientes, declara-se que o produto

Calçada de (*indicar o tipo de pedra e as dimensões do produto*) para pavimentos exteriores elaborada nas nossas instalações sitas em

(*local da instalação industrial*)

é conforme com o Anexo ZA da Norma
NP EN 1342 – Cubos e paralelepípedos de pedra natural para pavimentos exteriores.

(data)...../...../.....

(assinatura).....

Carlos Martins
(Gerente)

Em anexo:

- Cópia dos resultados dos ensaios de tipo inicial realizados no Laboratório em/...../.....

ou

- Cópia das informações que acompanham a marcação CE

Documento II - Outro exemplo (mais detalhado) de Declaração de conformidade CE

GUERRA & IRMÃO, LDA**DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE**

LOCAL DE EXTRACÇÃO	PRODUTOR
PA 333 - Planalto de Sto António	Guerra & Irmão, Lda Rua da Serra 2480-130 São Bento (Porto de Mós)

DENOMINAÇÃO E DESCRIÇÃO**Pedra Branca para Calçada**

Rocha calcária de cor bege clara a esbranquiçada, compacta, com estrutura homogénea, predominantemente originada por precipitação química, parcialmente espartizada e contendo, por vezes, restos de fósseis.

O Sistema de Controlo da Produção encontra-se implementado pela firma Guerra & Irmão, Lda, em conformidade com o disposto na NP EN 1342 - Cubos e paralelepípedos de pedra natural para pavimentos exteriores.

Designação do produto e domínio de utilização	Pedra 4/5 cm e 5/7 cm para calçada
Características	
Acabamento	Rachado
Classe dimensional	Classe 0
Resistência à compressão	130 MPa
Resistência à compressão após ensaio de gelo-degelo	120 MPa
Resistência ao gelo-degelo	Resistente a 56 ciclos
Absorção de água à pressão atmosférica	2,2 %
Massa volúmica aparente	2530 kg/m ³
Porosidade aberta	5,3 %
Resistência ao desgaste	21 mm
Resistência ao escorregamento	65 SRV
Tratamento químico da superfície	Sem tratamento

(data)...../...../.....

O Gerente,

(Luís Guerra)

- Marcação CE

Uma vez redigida a Declaração de conformidade CE, o produtor ou o seu representante legal no Espaço Económico Europeu (EEE) podem e devem apor a marcação CE no produto, na sua embalagem ou nos documentos comerciais de acompanhamento e são sempre por ela responsáveis.

A marcação CE confere o direito de o produto poder circular livremente no mercado de qualquer Estado-Membro e dá a garantia que o mesmo foi submetido aos procedimentos de avaliação da conformidade apropriados constantes na Directiva “Produtos de Construção” (DPC), ou seja de que o processo de produção é adequadamente controlado (e, por isso, é uma garantia de qualidade industrial), assim como o

são as matérias-primas.

Recorda-se que os ensaios de tipo inicial devem ser realizados para cada matéria-prima quando da primeira vez que a Norma seja aplicada, quando seja introduzido um novo produto no mercado e sempre que houver uma alteração do tipo de pedra ou do processo de produção.

No Quadro VII sintetizam-se os ensaios e verificações de controlo a realizar, sendo uns obrigatórios para marcação CE (requisitos essenciais) e outros voluntários. No caso de uma ou várias propriedades não tiverem sido avaliadas por não existirem regulamentos para a utilização de um determinado produto no país a que se destina o fornecimento, o produtor pode declarar a sua conformidade com a norma aplicável declarando essa característica como DND, significando “Desempenho não determinado”.

Quadro VII - Lista das propriedades para marcação CE da pedra natural para pavimentos

Propriedade/Característica	Ensaio de acordo com	Marcação CE
Descrição petrográfica	EN 12407	
Aspecto visual e acabamento da superfície	Visual ¹	
Características geométricas ²	EN 13373	
Resistência à compressão	EN 1926	X
Absorção de água à pressão atmosférica	EN 13755	
Massa volúmica aparente e porosidade aberta	EN 1936	
Resistência ao escorregamento/derrapagem	EN 14231	X ⁵
Resistência ao desgaste	EN 14157	X ⁵
Resistência ao gelo ³	EN 12371	X ⁵
Tratamento químico da superfície ⁴	Declaração	

¹ Comparação com uma amostra de referência

² Com excepção dos produtos serrados, a Calçada Portuguesa é tipicamente produzida em gamas comerciais de dimensões compreendidas entre determinados intervalos

³ Expressa através da relação, em percentagem, da diferença entre a resistência à compressão inicial e a resistência à compressão após ensaio de gelo (56 ciclos) ou da indicação da Durabilidade, expressa pelo nº de ciclos de gelo-degelo necessários para que se inicie o aparecimento de fracturas ou para que ocorra a desintegração da pedra

⁴ Quando apropriado

⁵ Quando relevante ou quando solicitado

■ Requisitos essenciais para marcação CE

■ Outras características (voluntárias) cuja declaração pode ter interesse do ponto de vista comercial

Na Figura 59, apresenta-se um exemplo de marcação CE da pedra para Calçada Portuguesa

tuguesa, explicando-se, à margem, o seu conteúdo.

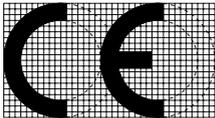
Marca CE regulamentar													
Nome e endereço do produtor	J. Sobreiro, Lda Alqueidão da Serra (Porto de Mós)												
Ano de produção	07												
Norma de referência	EN 1342												
Tipo de produto e sua utilização	Pedra 5 / 7 cm para Calçada Portuguesa destinada a passeios e circuitos para peões												
Requisitos essenciais e respectivos valores declarados	<table border="0"> <tr> <td>Resistência à compressão</td> <td>120 MPa</td> </tr> <tr> <td>Resistência à compressão (após ensaio de gelo-degelo) ¹</td> <td>100 MPa</td> </tr> <tr> <td>Durabilidade ¹</td> <td>144 ciclos</td> </tr> <tr> <td>Resistência ao escorregamento</td> <td>50 USVR</td> </tr> <tr> <td>Resistência à derrapagem</td> <td>50 USVR</td> </tr> <tr> <td>Resistência ao Desgaste</td> <td>DND</td> </tr> </table>	Resistência à compressão	120 MPa	Resistência à compressão (após ensaio de gelo-degelo) ¹	100 MPa	Durabilidade ¹	144 ciclos	Resistência ao escorregamento	50 USVR	Resistência à derrapagem	50 USVR	Resistência ao Desgaste	DND
Resistência à compressão	120 MPa												
Resistência à compressão (após ensaio de gelo-degelo) ¹	100 MPa												
Durabilidade ¹	144 ciclos												
Resistência ao escorregamento	50 USVR												
Resistência à derrapagem	50 USVR												
Resistência ao Desgaste	DND												
<i>Nota: DND significa "Desempenho não determinado"</i>	¹ Declarar esta propriedade ou, em alternativa, a outra												

Figura 59 – Exemplo de marcação CE da pedra para Calçada Portuguesa e explicação do respectivo conteúdo

• Marcação, rotulagem e embalagem

Como informação mínima, cada remessa deve ser acompanhada das indicações seguintes, apresentadas em rótulos na embalagem ou nos documentos comerciais de acompanhamento:

- a denominação da pedra natural, de acordo com a EN 12440 (o nome comercial, o nome petrográfico, a cor típica e o local de origem);
- as quantidades e as dimensões dos cubos

ou dos paralelepípedos.

É aconselhável a informação adicional seguinte:

- a massa total dos cubos ou dos paralelepípedos;
- as dimensões e a massa da embalagem.

Se utilizada, a embalagem deve proporcionar uma protecção adequada e sólida de modo a evitarem-se quaisquer danos durante o armazenamento e transporte e deve ser de tamanho e peso apropriado em função dos equipamentos de levantamento e de transporte disponíveis.

Os materiais da embalagem não devem provocar manchas nos produtos, tanto em condições secas como húmidas, e qualquer cinta metálica utilizada deve ser resistente à corrosão.

É proibida a afixação de marcas nos produtos ou nas embalagens que sejam susceptíveis de induzir em erro quanto ao significado e ao grafismo da marcação CE (ver nº 5 do Artigo 4º do Decreto-Lei nº 4/2007). Todavia, a embalagem ou os documentos de acompanhamento

podem conter marcas voluntárias adicionais, desde que sejam colocadas à parte da marcação CE e não reduzam ou excluam a sua visibilidade ou a sua legibilidade (ver nº 6 do Artigo 4º do mesmo Decreto-Lei).

NOTA: O Manual de Controlo da Produção em Fábrica deve conter os procedimentos para Marcação, rotulagem e embalagem utilizados pelo produtor. Ver seguidamente um exemplo de procedimento para marcação, rotulagem e embalagem.

Documento III - Exemplo de procedimento para marcação, rotulagem e embalagem

GOMES & LEAL, LDA

2480-013 – Alqueidão da Serra
Tel / Fax

Pedra para Calçada

PROCEDIMENTO Marcação, Rotulagem e Embalagem

1. Objectivo

Este procedimento tem como objectivo definir o modo como é assegurada a identificação da marcação CE nos produtos para pavimentos exteriores produzidos pela firma GOMES & LEAL, LDA e pretende dar cumprimento aos requisitos expressamente indicados na seguinte Norma:

- EN 1342 - Cubos e paralelepípedos de pedra natural para pavimentos exteriores

Actualmente os produtos são comercializados a granel, o que implica a identificação da marcação CE apenas nos documentos comerciais.

Caso venham a ser utilizadas embalagens, encontra-se definido no presente procedimento o rótulo a ser nelas afixado.

As facturas e as guias de remessa deverão ser

sempre portadoras da marca CE sobre a forma de carimbo ou de reprodução gráfica no próprio documento.

A declaração de conformidade CE estará sempre disponível aos clientes e entidades e sempre que possível ou quando expressamente solicitada será anexada às facturas.

2. Disposições gerais

A aprovação deste procedimento e o cumprimento do seu conteúdo são da responsabilidade da gerência da empresa GOMES & LEAL, LDA.

Este documento é parte integrante do Sistema de Controlo da Produção - Pedra natural para pavimentos exteriores.

Este original encontra-se arquivado em pasta própria, devidamente identificada.

3. Procedimento

Modalidades	Descrição
Informação em documentos comerciais	As guias de remessa e as facturas correspondentes a transacções comerciais de produtos no âmbito da marcação CE serão munidas de carimbo ou representação gráfica com a informação seguinte: “Este produto é conforme com a Norma EN 1342. As respectivas características serão fornecidas sempre que solicitado”.
No caso de solicitação de declaração de conformidade	Quando o cliente solicitar documento comprovativo da declaração de conformidade CE, será fornecida, anexa à factura, uma cópia dessa declaração, onde constarão os resultados dos ensaios de tipo inicial ou as informações que acompanham a marcação CE.

– Carimbo ou representação gráfica a utilizar em documentos comerciais


GOMES & LEAL, LDA
Ano: 2006
Pedra de calçada para pavimentos exteriores Norma de referência: EN 1342 - Cubos e paralelepípedos de pedra natural
<small>Este produto é conforme com a Norma EN 1342. As respectivas características serão fornecidas sempre que solicitado.</small>



- Rotulagem no caso de afixação na embalagem

	
GOMES & LEAL, LDA	
Pedra para Calçada	
2480-013 – Alqueidão da Serra	
Tel / Fax	
Ano: 2006	
Norma de referência: EN 1342	
Produto: Pedra de calçada para pavimentos exteriores (destinados à circulação de peões)	
Resistência à compressão	100 MPa
Resistência à compressão (após ensaio de gelo/degelo)	96 MPa
Resistência ao escorregamento	69 SVR
Resistência à derrapagem	69 SVR
Resistência ao desgaste	21,5 mm







Açores - Ponta Delgada

Ernesto Marcos

ESPECIFICAÇÕES DOS PRODUTOS



Como vimos no Capítulo 9, a EN 1342 inclui disposições quanto às tolerâncias para as características geométricas dos produtos, as quais a Calçada Portuguesa típica (produzida manualmente) tem dificuldade em cumprir. A marcação CE destes nossos produtos levou a que a Comissão Técnica 118 contribuisse para a revisão da versão de 2001 da citada Norma, nomeadamente com vista a alterar as tolerâncias dimensionais nela prescritas e para solicitar a criação de uma Classe 0 (isenta de tolerâncias), o que foi acolhido.

Em contrapartida, os valores respeitantes às especificações físico-mecânicas fundamentais para estes produtos ainda não se encontram fixados em Normas Europeias, pelo que os valores-guia a seguir apresentados têm carácter informativo.

A - ASPECTO VISUAL

Trata-se de proceder à identificação visual da coloração e de outras características específicas dos produtos, incluindo o acabamento resultante do processo de produção (rachado ou serrado) ou após tratamento específico das superfícies (maquinado, amaciado, bujardado, etc.)

B - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

As disposições normativas referentes às tolerâncias para as características geométricas de cubos e paralelepípedos em pedra natural em função das dimensões nominais declaradas, acabamento das faces e classes de marcação, encontram-se sintetizadas no Quadro III do Capítulo 9.

Já ficou dito atrás que a Calçada Portuguesa é

tipicamente produzida em dimensões aleatórias dentro de cada gama comercial (não definidas por uma dimensão nominal fixa, mas sim por um intervalo dimensional máximo-mínimo). Em muitos casos, trata-se de produtos que podem vir a ser enquadrados na Classe 0, sem tolerâncias expressas por Norma; nessas circunstâncias, as tolerâncias deverão ser objecto de acordo entre o cliente e o produtor.

Os produtos serrados, normalmente declarados segundo dimensões nominais fixas, deverão enquadrar-se sobretudo nas Classes 1 ou 2 e, conseqüentemente, cumprir as tolerâncias que serão impostas pela revisão da Norma EN 1342.

C - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS

- Descrição petrográfica

Trata-se, sobretudo, de determinar a composição mineralógica, quantificando-se os minerais principais e acessórios, e descrever a textura (granularidade...), o grau de alteração, a microfracturação, etc.

- Resistência à compressão

Valor desejável para os produtos de melhor qualidade: > 60 MPa

NOTA: Na prática, considera-se que 1 MPa \approx 10 kg/cm²

- Resistência à flexão

Valor desejável: > 7 MPa

- Absorção de água à pressão atmosférica

Valor indicativo para os produtos de melhor qualidade: \leq 3,0 %

- Porosidade aberta

Valor indicativo para os produtos de melhor qualidade: \leq 6,0 %

- Resistência ao desgaste (proposta de valores)

CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO		Desgaste Amsler (percurso 200 metros)	Desgaste Capon (disco de 70 mm)
Tráfego intenso (1)	Uso público	≤0,8 mm	≤18,0 mm
Tráfego forte (2) e forte a moderado (2)	Uso público	≤2,0 mm	≤19,5 mm
	Uso colectivo	≤3,5 mm	≤21,5 mm
Tráfego moderado	Uso colectivo	≤5,5 mm	≤24,5 mm
Tráfego fraco	Uso privado	≤9,5 mm	≤30,0 mm

(1) Inclui tráfego de veículos pesados e outros de transporte de cargas

(2) Inclui circulação ocasional de veículos de emergência e de transporte de cargas

- Resistência ao escorregamento

- **Não é necessária** a sua avaliação quando a rugosidade superficial for **superior a 1mm**

- A avaliar para acabamentos c/ **rugosidade igual ou inferior a 1mm:**

- Valor SRV (Slip Resistance Value) considerado seguro em pisos horizontais:

≥35

- Valor SRV (Slip Resistance Value) considerado seguro em pisos em rampa: ≥40

NOTA: Conforme é declarado na Norma de referência, a resistência ao escorregamento de um pavimento pode ser substancialmente diferente da resistência ao escorregamento dos elementos individuais.

- Resistência ao deslizamento (derrapagem)

Valor SRV (Slip Resistance Value) desejável: ≥45 (ter também em consideração a **NOTA** anterior)

- **Resistência ao gelo**, em termos do número de ciclos de gelo-degelo sem evidência de deterio-

ração da pedra, confirmada por ensaio de compressão:

- **Aplicações em interiores, zonas não gelivas ou zonas exteriores abrigadas:**

Não requerem ensaio de gelo.

- **Aplicações em exteriores**

- **Em Portugal Continental**

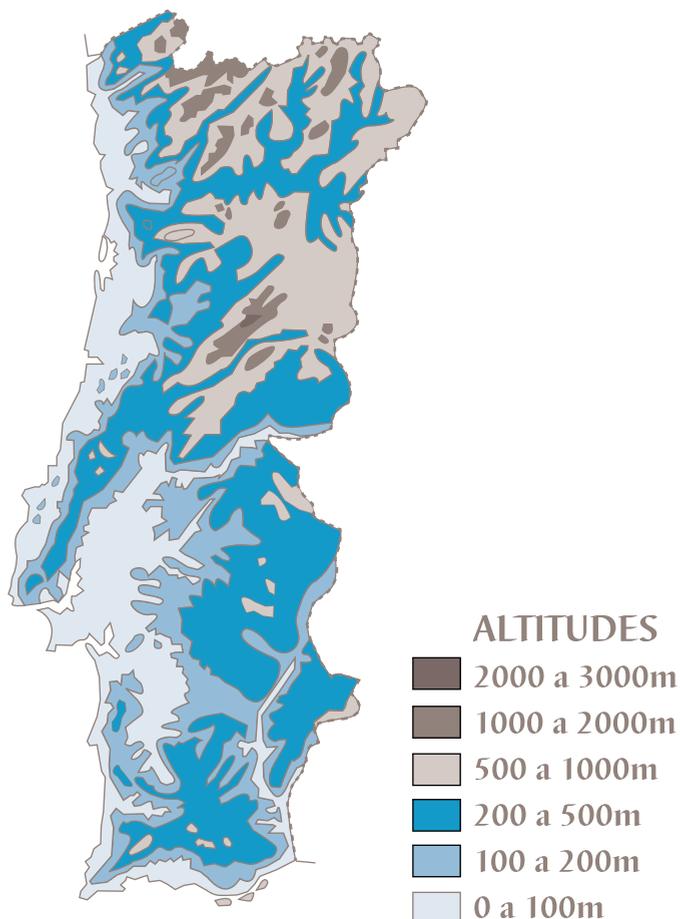
A maior parte do território de Portugal Continental (ver mapa da página seguinte) possui altitude inferior a 500 m e enquadra-se em zonas não gelivas ou de muito fraca gelividade, dispensando portanto o ensaio de gelividade.

Todavia, será recomendável a realização do ensaio de gelo sobretudo quando a calçada se destinar a ser aplicada acima dos 900 m.

Face aos índices de gelo por nós calculados e estabelecendo que para a maioria dos pavimentos exteriores de calçada será de prever como vida útil da obra o mínimo de 50 anos, propõe-se o seguinte:

Proposta de zonação do índice de gelo em função da altitude para Portugal Continental	Número de ciclos de ensaio de gelo-degelo a que deve resistir a pedra para calçada (prevendo o mínimo de 50 anos como vida útil da obra)
500 a 900 m	20 a 40 ciclos
900 a 1500 m	40 a 80 ciclos
> 1500 m	80 a 120 ciclos ^{a)}

^{a)} O nº de ciclos para o local de Portugal Continental com maior índice de gelo calculado (Lagoa Comprida - 1604 m) é de 114 para um mínimo de 50 anos de vida útil da obra



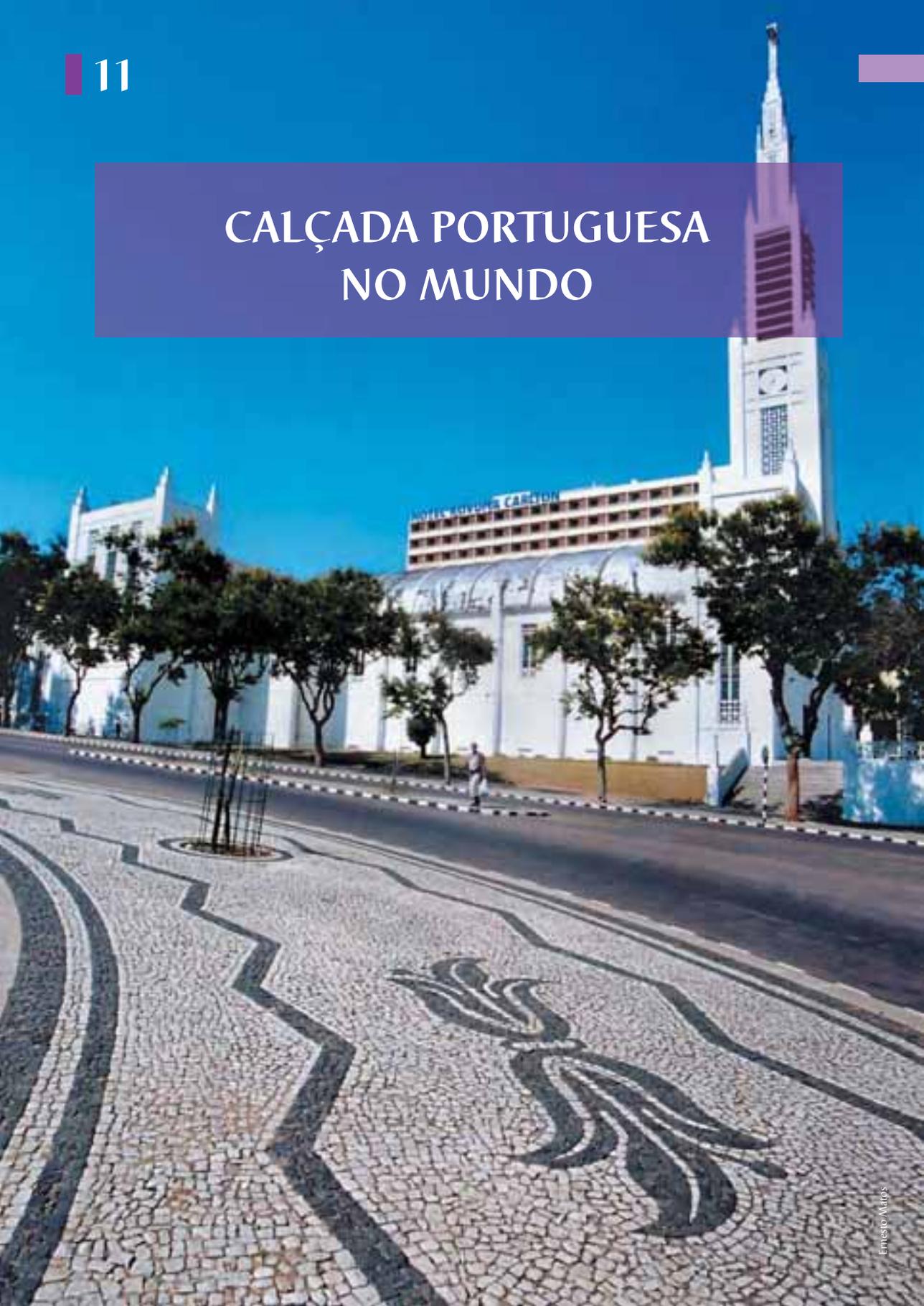
– Proposta de valores-guia genéricos para pedra de calçada a exportar destinada a pavimentos exteriores em regiões afectadas pela acção do gelo:

Áreas fracamente gelivas (máximo de 2 dias/ano com temperaturas inferiores a - 5 °C)	Áreas moderadamente gelivas (entre 3 e 10 dias/ano com temperaturas entre - 5 e - 10 °C)	Áreas fortemente gelivas (mais de 10 dias/ano com temperaturas inferiores a - 10 °C)
≥ 56 ciclos ^{a)}	≥ 96 ciclos	≥ 144 ciclos ^{b)}

^{a)} Requisito especificado na revisão da Norma EN 1342 para marcação CE

^{b)} Para situações particularmente gelivas, o nº de ciclos de resistência ao gelo deve ser expressamente fixado pelo cliente

CALÇADA PORTUGUESA NO MUNDO



São inúmeros os exemplos de Calçada Portuguesa existentes na Europa, África, América, Ásia

e Oceânia. Por isso reproduzimos aqui apenas alguns deles, não necessariamente os melhores.



Ernesto Matos



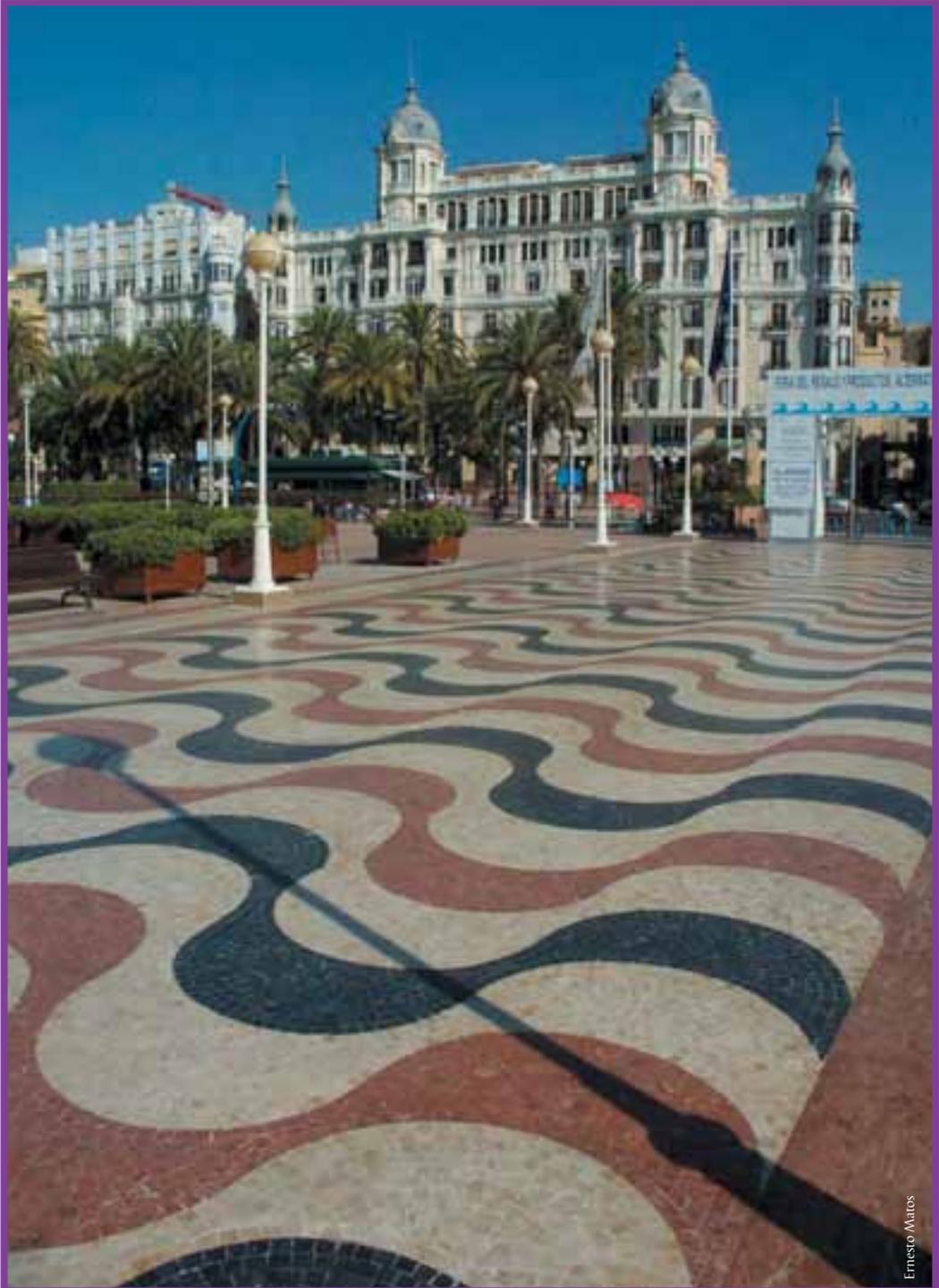
Ernesto Matos

Macau - Leal Senado



Ernesto Valtos

EUA - Hayward (Califórnia)



Ernesto Matos

Espanha - Alicante



Ernesto Matos

Cabo Verde - Santiago



Ernesto Matos

Brasil - Rio

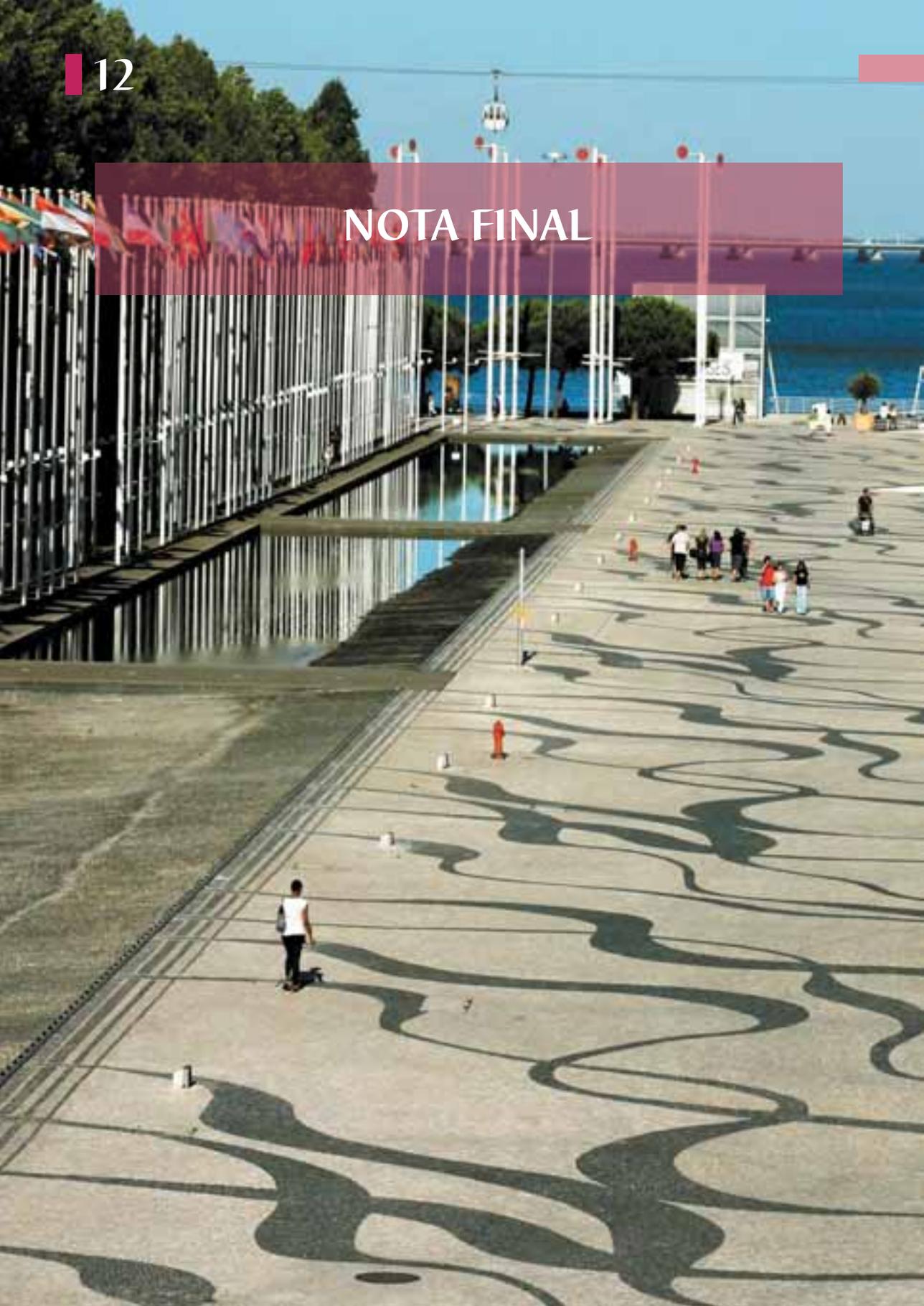




Madrid

Ernesto Witos

NOTA FINAL



A Calçada Portuguesa, manifestação genuína e bem enraizada na nossa tradição, é um bom exemplo de como a criatividade pode tirar partido dos recursos da Natureza para gerar actividades económicas de significativa valia.

De facto, a exploração de recursos minerais constitui um factor incontornável para o bem-estar económico e social de muitas regiões do nosso País, cujo desenvolvimento sustentável é indissociável da adopção das melhores soluções que possam conduzir a uma eficaz e rentável utilização dos recursos do território sem degradar as condições ambientais nem comprometer o seu uso futuro.

Torna-se pois indispensável uma correcta avaliação do impacto em termos custos/benefícios da secular indústria da Calçada Portuguesa e do importante contributo que tem dado às regiões produtoras e ao País, para se poder assegurar a sua continuidade assente no conhecimento do que se possui e onde e no equacionamento do que ainda está por fazer em seu favor. Tal avaliação terá de tomar em consideração a repercussão dessa indústria nos restantes ramos de actividade económica regional e as centenas de postos de trabalho directos criados em regiões sem outras alternativas e ter como pressuposto a exploração criteriosa e a salvaguarda dos valores de ambiente e, ao mesmo tempo, a salvaguarda dos recursos minerais.

O sector da Calçada Portuguesa, onde se vem operando paulatinamente uma mudança de mentalidades, com reflexos numa melhor estruturação da sua actividade, dá actualmente mostras suficientes de estar empenhado na modernização dos métodos de exploração e na recuperação paisagística das áreas exploradas, neste caso dando cabal cumprimento a um

dos requisitos impostos para o licenciamento desta actividade. Por outro lado, deu já passos decisivos para o cumprimento do que está consignado na Normalização Europeia quanto à marcação CE dos produtos de construção, defendendo pela melhor via possível a sua produção e assegurando aos seus clientes, de modo inequívoco, a qualidade que eles esperam.

Estamos plenamente convictos de que este Manual contribuirá para uma melhor compreensão das características únicas da arte da Calçada Portuguesa e para o reforço da divulgação das enormes potencialidades técnicas e estéticas deste tipo de pavimento junto das autarquias, dos gabinetes de projecto, dos arquitectos e das empresas de construção, constituindo-se como mais uma das vias para a sua promoção.



GLOSSÁRIO



Alguns termos da gíria dos exploradores de calçada:

Traçador – Homem que parte a pedra com a marreta.

Cortador – Homem que parte a pedra com o martelo.

Pedra Vidraço – Pedra de excelente qualidade.

Pedra Macia – Pedra de menor qualidade.

Malha – Pedra bem traçada e de boa qualidade.

Bicos – Pedra mal traçada.

Cubos – Pedra bem partida, que está dentro dos padrões.

Moca – Pedra mal partida, que está fora dos padrões.

Alguns termos da gíria dos calceteiros:

Aparelhar – Fracturar a pedra na palma da mão.

Caixa – Escavado com enroscamento de areão ou caliça para receber as pedras.

Cavilhas – Peças em ferro para fixação dos moldes.

Encalhamento – Lançamento rectilíneo das fiadas de pedra, usual nas técnicas mais comuns de assentamento da Calçada Portuguesa.

Enxadrear – Distribuição das pedras em malhete.

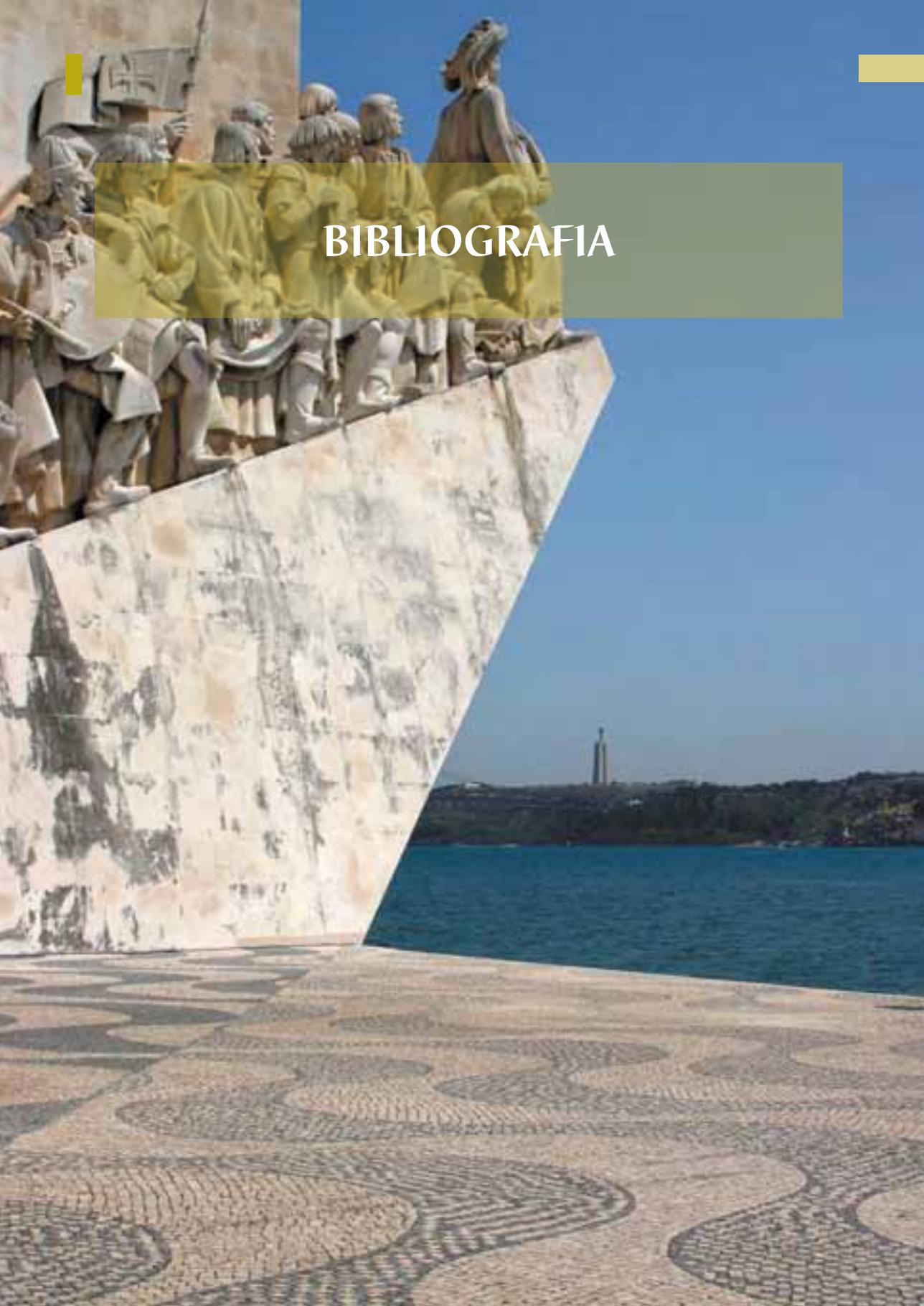
Mestras – Linhas de apoio das fiadas.

Nega – Ponto em que as pedras calcetadas já acertaram com o lancil do passeio.

Recalque – Efeito do maço no empedrado quando este altera a superfície calcetada.

Xadrez – Designação geral dada ao mosaico das calçadas.





BIBLIOGRAFIA

AFNOR, 2006 – Norme NF B 10-601 – Produits de carrière - Pierres naturelles: Prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles. AFNOR, pg. 66, Paris.

Agostinho, Paulo & Novais, Paulo, 2008 – Pedreiras: Calçada portuguesa limpa cabeços da Serra de Aire. Orig. da Agência Lusa, in *Jornal O Mirante – Semanário Regional*, Ed. de 08/05/2008.

Alho, José, 2008 – PNSAC: Novo Plano de Ordenamento. In <http://pnsac.blogspot.com>, 01/11/2008.

Artur (calceteiro), 2007 – O calceteiro e a arte da calçada. In *Calceteiro.com “A arte da calçada”*, 2007.

Bairrada, E. Martins, 1986 – Empedrados artísticos de Lisboa - A arte da calçada mosaico. M. Bairrada (Ed.), Lisboa.

Carvalho, J., 1997 – Calcários ornamentais e industriais da área de Pé da Pedreira (Mação Calcário Estremenho). Carta de Aptidão. Estudos, Notas e Trabalhos, I.G.M., Tomo 39, pp. 71-89, Porto.

Decreto-Lei nº 4/2007 de 8 de Janeiro (Diário da República, 1ª série – Nº 5 – 8 de Janeiro de 2007, Ministério da Economia e Inovação).

EN 1342:2001 – Cubos e paralelepípedos de pedra natural para pavimentos exteriores - Requisitos e métodos de ensaio.

EN 12440 – Pedra natural - Critérios de denominação.

EN 12670 – Pedra natural - Terminologia.

EN 1926, EN 1936, EN 12371, EN 12407, EN 13373, EN 13755, EN 14157, EN 14231: Pedra natural - Métodos de ensaio.

ICAT, 2006 – Estudo de impacte ambiental das explorações de pedra de Calçada Portuguesa e de laje do Parque Natural das Serras de Aire e de Candeeiros. Vol. 1 – Resumo não técnico, pg. 48 + figuras anexas.

Moura, A. Casal, 2006 – Qualidade industrial e marcação CE, in *Manual da Pedra Natural para a Arquitectura*, Anexo C, pp. 161-185, DGGE (Ed.), Lisboa.

PN, 2004 – A PN apresenta um novo produto em pedra natural: Calçada Portuguesa em placas padronizadas. *Rochas & Equipamentos*, nº 75, pp. 138-139.

prEN 1342:2009 – Cubos e paralelepípedos de pedra natural para pavimentos exteriores - Requisitos. Revisão da EN 1341:2001, submetida a Inquerito Público, Mar/09.

Projecto de Lei nº 189/IX de 20/Dez/02 – Assegura a defesa e a valorização da calçada de vidro à portuguesa. In www.pcp.pt.

Proposta_Revisao_DPC, 2008 – Proposta de regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos Produtos de Construção. Draft COM(2008) 311 final, 23.5.2008, pg. 62, Bruxelas.

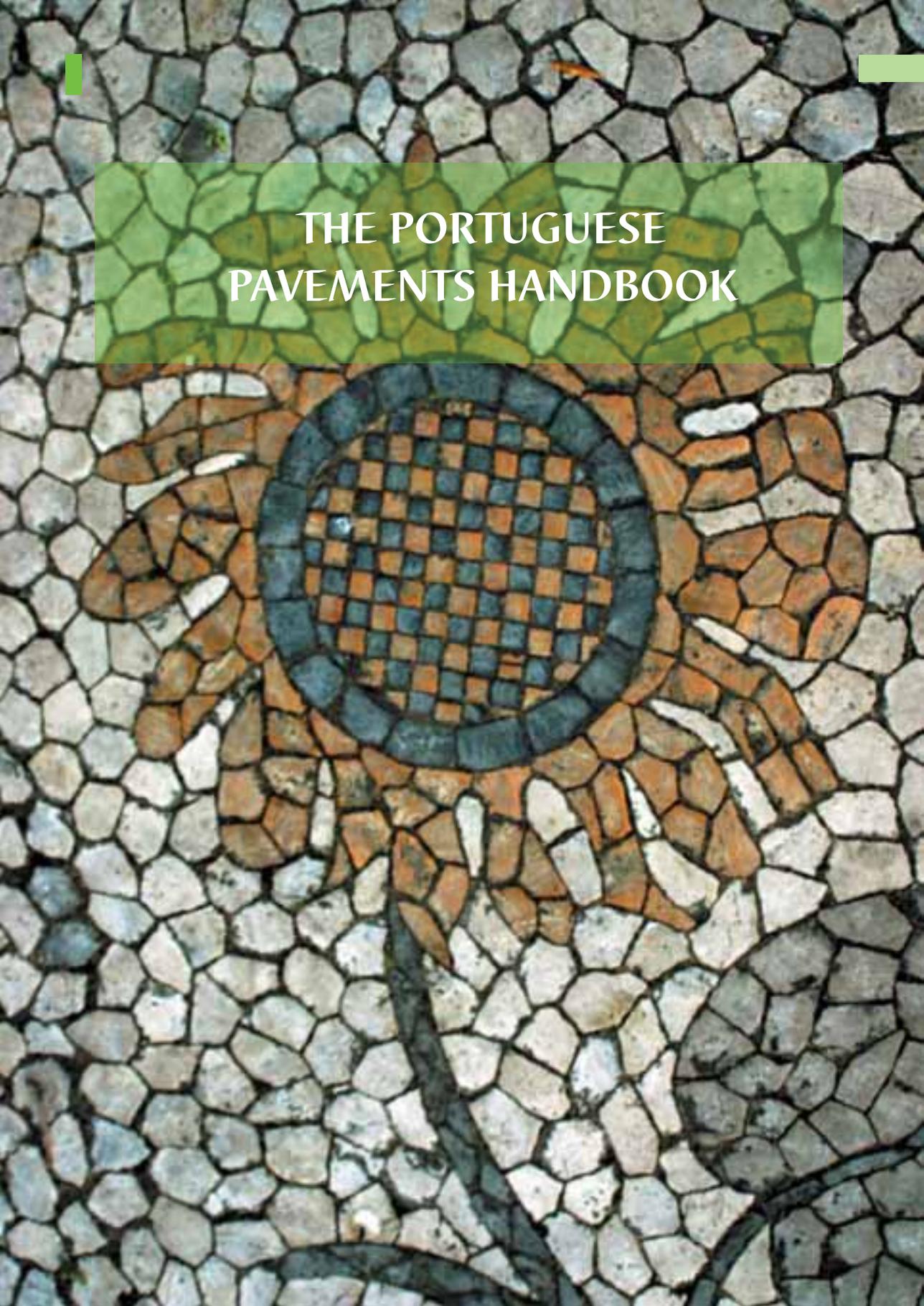
Regipedra, s/data – Calçadas em mosaico Português. In www.regipredra.com.br (S. Paulo).

Santos, Fernando J. Amado, 2004 – Inovação e competitividade no sector da Calçada Portuguesa. *Rochas & Equipamentos*, nº 73, pp. 8-28.

Silva, Liberato Teles de Castro, 1986 – Duas palavras sobre pavimentos. *Typografia da Companhia Nacional Editora*, Lisboa.







THE PORTUGUESE
PAVEMENTS HANDBOOK

Foreword

By living day-to-day with the Portuguese Pavements, the great majority of our citizens ignores the “route” that this very national form of art has made along the centuries, as well as the importance of this heritage today spread throughout the world. The difficulties found by this activity to be able to maintain itself in the coming times, given the actual challenges to the production of raw material, harshly contrast with this positive aspect.

This Portuguese cultural expression is a heritage of a mixed Roman and Arabic culture and construction technology, which has finally imposed itself in Portugal in the XIVth century during the reign of King John II.

Despite today the whole world recognizes and enjoys this art, the production of raw material is experiencing much kind of difficulties that may compromise its future in Portugal.

On the other hand, we must not forget that an important artisanal extractive and specialized activity with great social relevance is behind this cultural expression and is the “food” of thousands of families that depend almost exclusively on the production of paving stone units.

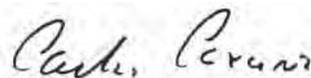
These are then the main reasons that led the General Directorate for Energy and Geology to embrace this project and to prepare “The Portuguese Pavements Handbook”, which aims to be a reference work in this area, containing elements since the exploitation of the

raw material until the completion of countless art works now scattered all over the world.

By publishing this bilingual issue, we also intend to display an alert to public and private entities involved at different stages in the production process of stone units and the approval of projects that will become new appreciated works, and to people in general, in order to contribute for the preservation of this unique Portuguese cultural expression.

I also want to thank the team involved in this project, and especially the irreplaceable support of my friend António Esteves Henriques, Director of Rochas & Equipamentos magazine, the main responsible for the implementation of the project and without whom “The Portuguese Pavements Handbook” would not be possible.

Carlos A. A. Caxaria



Deputy General Director
Area of Geological Resources

Introduction

The originality of the Portuguese Pavements gives them a very special status in the pavement domain. It can be defined as “a paved floor whose components are of natural stone, mainly limestone, set on the soil and arranged in a more or less homogeneous manner”. It combines the characteristics of durability and aesthetic beauty to the economic advantage of using the originally applied stone in restorations when any need to perform ground works requires the removal of the floor or in reconstructing the pavement when a substrate settlement occurs. It has proved to be ideal for being used in pedestrian areas, such as sidewalks, gardens, homes and shopping centres, and also in streets and squares with restricted vehicles circulation.

Each Portuguese Pavement is unique not only because of the many designs used (geometric, figurative, depicting regional or local activities or specificities), but also because its final effect depends on the quality of stone production and mastery of the craftsman responsible for the settlement.

As a matter of fact, the construction of a Portuguese Pavement involves two distinct phases. The first stage is the extraction of stone and the production of stone units, turning the bulk stone into small setts with regular size. The second phase is the settlement, in which paving stone is set in the ground by using appropriate techniques depending on the various intended uses and according to different design patterns, many of them of pleasant effect, ruled by good taste and artistic harmony.

The general satisfaction for the attributes of the Portuguese Pavements, combined with

functionality, led to their use to be extended to many cities of Portugal and of the former colonies including Brazil, where it quickly became widespread, especially during the XXth century. The Portuguese master pavers were called beyond borders to show their art and were then invited to stay there... and many stayed, as the financial compensations were substantially higher.

Exhibitions took place at the same time, where Portugal was represented by these artisans and there they were rewarded and recognized by the art of their work, as in Paris (1900), Rio de Janeiro (1906), Cape Town (1909), Seville (1929 and 1969), among other special distinctions. The business grew so much that, around 1930, the Lisbon City Town-Hall had in charge about 400 craftsmen.

To the willingness of men and the quality of labour the need to promote this work in cities was then added, especially in zones with high pedestrian traffic and commercial areas. The idea quickly “came out” of Lisbon and spread by the remaining territory and several European countries. The functionality combined with art has created authentic masterpieces throughout the world, which in contrast to almost all other are in sight of all.

In Brazil it has become an appreciated reference of the Lusitanian paving art, to the point of generating incited controversy in its defence in actual times under the context that it constitutes an undeniable heritage, so is the sentiment that led Brazilians to consider it as a part of their tradition. In fact, we are aware of arguments in favour of Portuguese Pavements and

the rising of civic movements to prevent their destruction as a consequence of urban reorganizations in Salvador, Recife and Rio de Janeiro.

Today it is internationally recognized and appreciated as a successful demonstration of our culture, which namely explains its export to Spain, France and other European Union countries, to Australia, United States, Japan and China, this case by the influence of Macau. Even very recently, a square in Brussels was paved using this appreciated technique, Portuguese pavers being invited to do the job.

As a result of the recognition of the importance of the Portuguese paving technique as a genuinely national manifestation, a School for pavers was created in 1986 by the Municipality of Lisbon and, in December 2006, a monument

Editor`s Note - This English version contains only subtitles of most of Figures. Therefore, readers are requested to see these Figures in the Portuguese version.

to the paver was inaugurated in the Pombalina down-town zone.

Although only in their essential aspects, this Handbook addresses appropriately the factors considered of greater importance for the quality of a Portuguese Pavement: the quality of the stone, the quality of production and the quality of settlement.

Obviously, it is up to everyone, quarriers, manufacturers, prescribers, users, institutions and government agencies to disclose this Art, of which Expo 98 was a good example because the world was given to know the potential of Portuguese Pavements, contributing decisively for increasing exports, which for many companies have enabled further development, both in economic and social perspectives.



1 - The Portuguese Pavement Origins

The Portuguese Pavements are a heritage of Roman culture and construction technology, from which many traces still exist in Portugal, among them the Roman Road at Alqueidão da Serra, municipality of Porto de Mós.

The Roman art of paving is not only limited to the technique used for roads construction; they left us examples of magnificent tessera mosaics, a technique of decoration with contours and connections forming designs of great technical perfection made with small square stones of approximately 2 cm x 2 cm, generally of limestone or marble but also of terracotta or glass. One of the greatest legacies of this paving art is found in Conimbriga.

In the city of Olisipo, today Lisbon, Romans built commercial, industrial and cultural structures, schools, theatres, baths and homes, tesserae floors having been found in buried buildings of the city centre.

Romans were the first ones to use stone as a material to the service of armies in the growth and defence of their empire, exploring a large field of opportunities for its use as building and decorative material. As a warrior and conqueror people, Romans set up a comprehensive road network to carry out their business activities and to facilitate the transportation of war material and soldiers, linking their vast empire by bridges and roads built with heavy slabs, settled contiguously.

Being not so decorative as Roman one, the Arab heritage is characterized by its arabesque designs through the organizational and structural variations of its pavement, in which the

use of an appropriate spine or spike system for water recovery is clear.

It was in reign of King John II (third quarter of the XIVth century) that the opulence and luxury brought by commercial profitability in the cities of Lisbon and Oporto opens the ways to a new society that leads to the creation of "*Ruas Novas*" along the river bank areas, where the great fortunes and the goods stores were concentrated.

King John II, delighted with the quality of stone works in the city of Oporto, ordered the paving of "*Rua Nova*" in the country's capital, which later would lead to the opening of quarries close to Cascais, and has awarded contracts with fishermen of this area for stone transportation. However, it was his succeder King Manuel I who concluded "*Rua Nova*" thirty years after its initiation, which, with its two hundred metres, was considered by the chroniclers of the time as the most commercial and international street of the XVth century.

The Renaissance, by definition the recovery of classical traditions, would revalue stone as a functional and decorative raw material.

With the earthquakes of 1531 and 1551 a new impulse to make new streets occurred, but it was after the great Lisbon earthquake of 1755 that a huge project started, not only for buildings reconstruction but also for opening new streets and to recover old ones.

Portuguese Pavements with the appearance characteristics we know them nowadays had as great driver the Governor of the Castle of S.

Jorge in Lisbon between 1840 and 1846, Lieutenant-General Eusébio Cândido Furtado Pinheiro Cordeiro (1777-1861), who transformed the fortress and its surroundings into walking places adorned with flowers, trees and mosaic pavement. The satisfaction achieved by the good taste and aesthetic value of these pavement joined with their functionality led the City Board to recognize the excellent work of the military engineer Eusébio Furtado, an expert of Roman techniques, and to pursue new urban initiatives with emphasis to the use of mosaic paving. In 1848, Eusébio Furtado saw the Praça do Rossio project approved, a work with an area of 8712 sqm completed in 323 days, in which the new paving technique then called as “*Mar Largo*” (“*Open Sea*”) in tribute to the Portuguese discoveries was introduced. It was in Rossio that a new urban redevelopment brought more security to pedestrian displacement through the creation of sidewalks.

Lisbon downtown has changed, the majority of its streets being paved with basalt, among them Camões square in 1867, Príncipe Real in 1870, Town Hall square in 1876, Cais do Sodré in 1877 and Chiado, concluded in 1894. The opening of Avenida da Liberdade was made in 1879 and in 1908 it finally reached Marquês

de Pombal with large sidewalks where beautiful carpets of stunning designs were introduced, making the city of Lisbon to be a reference for this type of artistic flooring.

After then, early in the XXth century, the actual Portuguese Pavement decisively appeared, “in terms of quality, perhaps the greatest contribution of our country to “furnish” urban spaces”, as stated by Francisco Pires Amaral & José Santa-Bárbara, authors of the book entitled *Mobiliário dos Espaços Urbanos em Portugal*.

To make Portuguese Pavements is an activity with history and tradition, which continuity is very problematic for many, either because of the increasing costs of quarries and equipment maintenance or because of environmental and legal difficulties that quarrying is facing today. Anyway, the use of Portuguese Pavements won many fans over the past 15 years in addition to new customers with new needs, these ones still arising, and with the launching of major national and international works. The Portuguese Pavements passed from exclusively outside use to the decoration of private and public interior spaces, whether in residential construction or in office and commercial areas.



2 - Production phases

2.1 - Exploitation

Limestones mostly used for the artisanal production of paving units have peculiar characteristics. Those designated as “*vidraço*” are the most interesting, because they show a smooth and bright hewn surface.

These characteristics substantially limit the areas where the extraction of such a raw material is possible, because “*vidraços*” occur in small thickness layers with low representation in the whole of the rocks suit occurring in the Limestone Massif of Estremadura and in the Algarve Border.

The main Portuguese paving stone producing areas are located in the Aire and Candeeiros mountains (districts of Leiria and Santarém), although quarries are concentrated mainly in the municipality of Porto de Mós. In these areas (see Figures 1 to 6), white and grey to black limestone are mainly exploited. But there are also three white limestone quarries in Arrimal and other two in Alenquer, as well as two small active pink stone quarries: one in the parish of S. Mamede (Batalha) and another one in Albufeira (Algarve). In Vila Viçosa (Alentejo) there are also two small units engaged with the production of paving stone taking advantage of discarded marble from the region, which is used by local municipalities.

Companies are small and at great majority of familiar type. The opening of quarries is conditioned by the extraction plan of each area and is limited to well-defined zones, and the advance of the quarrying operations to the adjacent areas can only be undertaken after the recovery of the areas exploited before.

Because the first works were made in Lisbon, there was a predominant use of the material existing in the area, limestone. Basalt, used initially, would be unsuccessful because its hardness difficult cutting. Even today, paving works are mostly concentrated in the regions of our country where limestone is dominant. Regarding the stone format, the traditional use of small pebbles in buildings/houses yards has been associated to the Roman mosaics pattern.

Lisbon, as already said, had been the first major extraction area where more than 80 quarries existed. Subsequently, quarrying was extended to Monsanto, Odivelas and Mem Martins for black limestone and the best pavers came from Fanhões. However, over the years, both situations have changed. The hard and little rewarding work in financial and social issues led to a decrease of workers in this region. Moreover, the activity itself acquired other specificities, because stone was anymore sent in bulk to the work site and began to be previously cut in the quarry with the desired formats, which was unusual before.

Quarries are today almost exclusively situated in the Aire and Candeeiros mountains, where, with sweat and art, much of the population living in the counties of this region is experiencing the production and marketing of Portuguese paving stone. In these areas, population has always lived of grazing and agriculture. However, both activities became no longer sufficiently able to ensure the subsistence of families and much less the current needs of welfare

to which all aspire, and many had to seek for a new business. Then, some succeeded to realize that the true wealth of these mountains is in the ground: the stone. With no need for a large initial investment and virtually with no bureaucratic obstacles, many started stone exploitation.

In small localities, such as Alcanede, S. Bento, Mendiga, Alqueidão da Serra, among others, many people is living directly from this activity. Besides, other activities and therefore other people are profiting, as it is the case of trade and repair of machinery and equipments for exploiting activities. Thus, these localities, which until a few years ago had low prospects, began to offer new opportunities and better living conditions

to their population.

Let's take the example of the parish of Alqueidão da Serra, where some of this industry largest companies pontificate. A big part of the population of this locality works or has worked in this activity with a practical repercussion in local society, which for many years is having a high rate of students to complete not only basic school, but also to stand out by their university studies. It is true that in many moments the appeal for immediate financial benefits may have stolen some students, but in contrast, the stone economic activity has allowed many families to keep children in school until they have finished their courses.

-  - Whitish limestones.
-  - Black and dark-grey limestones.
-  - Light-grey and light-blue limestones.

Figure 1 – Location of the main paving stone quarrying areas, with reference of the more extracted tonality in each one.

Figure 2 – White limestone exploitation: Alcanede (Municipality of Santarém), Mendiga and S. Bento (Porto de Mós County) - about 250 quarries.

-  - Black limestone exploitation (5 quarries).
-  - Dark-grey limestone exploitation (16 quarries).

Figure 3 – Alqueidão da Serra quarries (Porto de Mós County).

Figure 4 – White limestone exploitation in the parish of S. Mamede (Batalha County) - 6 quarries.

-  - Light-grey limestone exploitation (30 quarries).

Figure 5 – Light-grey limestone quarries in Alqueidão da Serra (Porto de Mós County) and Reguengo do Fetal (Batalha County) areas.

Figure 6 – General view of several whitish paving stone quarries on the plateau of Serra de Santo António.

These quarries are located mainly in mountain slopes and generate shallow excavation

(normally up to 3-5 metres, exceptionally may reach about 10 metres). The recovery of

the exploited areas has been quite successful, because limestone used as rubble material easily acquires a greyish patina that makes it to

Figure 7 – Aspect of a recently recovered zone.

Stone exploitation is selective because it only concerns the type of limestone suitable for the manufacture of paving units, which occurs as little thick (usually up to 0.50/0.70 m) and generally little inclined benches contained in beds outcropping for some kilometres. Many operations are still carried out artisanally, but mechanical extraction and load handling means are already available in some

not disturb the general involving tone and favours a rapid proliferation of traditional flora (Figure 7).

quarries, such as jackhammers, tippers and other machinery and vehicles.

Each exploitation unit has few workers, whose number varies from 1 to 10, but usually there are only 2 or 3 per quarry. Thus, in more than 300 permanently active units, about 600 to 700 are employed only for cutting Portuguese paving stone.

2.2 – Paving stone extraction and manufacturing phases

The paving stone extraction and production procedures illustrated in Figures 8 to 12 are similar for all limestone varieties.

Firstly, and nowadays using tippers, the detachment of stone masses is made. Explosives, usually black powder, are used, when it is not possible to perform detachment with machines.

In the next phase, the subdivision of detached masses is achieved by making several holes with a

pneumatic hammer. Wedges and feathers are put in the holes and wedges are struck with a hammer of 6 to 8 kg to get each stone mass fracturing.

Using a sledge-hammer, each half stone mass is then successively hewn to get rectangular units with around 40 by 20 cm dimensions. This size is adequate to get a good performance, minimizing waste when, at last, paving stones units with 4/5 cm, 5/7 cm, 9/11 cm or 12/13 cm nominal size are produced by using a small hammer.

Figure 8 – Initial detachment using a tipper machine.

Figure 9 – Performing drill holes with a pneumatic hammer.

Figure 10 – After placing wedges and feathers in the holes, a 6 to 8 kg hammer is used to strike up wedges until stone mass fracturing occurs.

Figure 11 – With a sledge-hammer weighing between 5 to 7 kg, stone masses are successively hewn to get rectangular units with around 40 by 20 cm dimensions.

Figure 12 – The hewn rectangular masses are then broken into various size units with a hammer weighing 1 to 2 kg, and then paving stone units are ready to be marketed and to be settled.

While waiting to be sold and applied, paving units are stored in the yard area of the quarry.

Paving units have been transported in bulk,

but lately they are being sold in appropriate bags (Big bags) - Figure 13, even for the domestic market. There are several bag sizes: 0.5 m³, 1 m³ and 1.5 m³.

Figure 13 – Big bags used as packaging for the transportation of paving stone.

Recently, the use of machinery for cutting paving units has made possible the quality and productivity improvement. In fact, some com-

panies are now engaged with the production of machined paving units, in general using ornamental stone blocks waste.

3 - Stone tonalities used in Portuguese Pavements

The most typical Portuguese Pavements are made with limestone and basalt or light coloured and black limestone units, generally of irregular shape, which can be used to make decorative patterns by the contrast between the different stone colours. Black and white are the more traditional colours, but beige-brown and pink-orange or reddish are also used.

The more usual paving stones colour range is the following:

- Whitish stone (Figure 14)
- Black stone (Figure 15)
- Dark-grey stone (Figure 16)
- Light-grey stone (Figure 17)
- Pink stone (Figure 18)



4 - Dimensions of the paving stone units

Main commercial typologies:

		Nominal dimension classes				Colours			
		4/5 cm	5/7 cm	9/11 cm	12/13 cm	Whitish	Grey	Black	Pink
Designation	Coarse				●	●	●	●	●
	Medium coarse			●		●	●	●	●
	Small		●			●	●	●	●
	Very small	●				●	●	●	●

The typology to elect depends mostly on the pavement intended use: for sidewalks and lanes in garden areas the smaller units are recommended and to pave roads with vehicles circulation usually size 12/13 cm is used. The

tonalities to select and/or to combine depend on the desired aesthetic effects and on the available budget, settlement cost usually becoming more expensive when designs are more elaborate.

5 - Weight of paving stone units per cubic metre

Whitish paving stone units: 1 m³ weighs 1,300 kg, an approximate value as different sizes are produced.

Black, dark-grey, light-grey and pink paving stone units: 1 m³ weighs 1,350 kg, also an approximate value depending on the different sizes produced.

6 - Settlement

The settlement of paving units is performed by technicians called pavers, which place stones over a layer of fine granular material with the aid of a small hammer (Figure 19).

To make a Portuguese Pavement involves several stages, the first one being usually soil compaction, which if not providing the necessary cohesion requires a compacted quarry-run gravel sub-layer is made.

Figure 19 - A settlement work being performed.

Then, for getting a good foundation, depending on the size of the stone units to be used (Figure 20) a stone dust or sand layer with 4 to 15 cm height is made. Paving units

will be settled in this layer, which in future will avoid deformation of the surface and the resulting detachment of stone units.

Paving stone units dimensions (cm)	Thickness of stone powder/sand layer (cm)
4/5	4/7
5/7	7/10
9/11	10/15
12/13	10/15

Figure 20 - Thickness variation of stone dust or sand layer as a function of paving stone units dimensions.

In addition, joints should provide a gap greater than 0.5 cm in order to reduce the risk of floor swelling. This space between paving

stones is also variable depending on the units dimension and must not exceed the following:

Paving stone units dimensions (cm)	Joints between paving stone units (cm)
4/5	0.5
5/7	0.5/1
9/11	0.5/1.5
12/13	0.5/2

Figure 21 – Joints width as a function of paving stone units dimensions (approximate values).

Figure 22 – Examples of works with the space between paving units (joints) still unfilled.

In order to fill the joints, the pavement is covered with stone dust or sand or a mixture of sand and cement spread with brooms or floor squeegees (Figure 23). When cement is used, the mixture is composed of $\frac{3}{4}$ of sand and $\frac{1}{4}$ of cement. In all cases, the pavement is watered (Figure 24) to enable a better penetration of the filling material in the joints and then compressed

(Figure 25) with a vibratory plate or with a mallet, and in some cases, by using small rollers.

Finally, a bit of fine sand is spread on the pavement, which in many situations is brushed with brooms and floor squeegees (Figure 26) to remove dirt and debris accumulated during settlement.

Figure 23 – Spreading sand over the pavement with a broom.

Figure 24 – Watering the pavement.

Figure 25 – Compaction of pavements with a vibratory plate and with a mallet.

Figure 26 – Spreading sand over a pavement already concluded and brushing.

The pavement shall be flat; slopes are merely allowed when drainage of rain water is recommended or if they are necessary for the implementation of access ramps for vehicles, ramps for pedestrian crossings or ramps for disabled accessibility (see Chapter 7.3).

In the case of pavements with decorative designs, preparation of the floor involves the opening of a “box” with depth at least 3 cm more than the nominal size of the stone units to be used. In general, this “box” is 8 to 10 cm depth. Then soil is compacted and, if neces-

sary, reinforced with compacted quarry-run gravel. After a sand or stone dust layer (with or without cement) is made, a template made of wood, PVC or metal with the selected designs is placed over it. Done this, stone units of a given colour are settled in the whole space outside the template and in the empty spaces if existing, starting by the contours of the template. The adjustment of the size and shape of each stone unit is achieved by the appropriate detachment of chips, holding it in the shell of the hand and striking it with a small masons light hammer. When this stage

is completed, the template is removed and the filling of the space left by it with another stone tonality begins. Finally, a thin layer of sand or stone dust (also with or without cement) is spread and the whole work is watered and compacted until the desired elevation is achieved.

It should be said that the artistic settlement can be done by using each of the following three main stone formats - "square", with 5 x 5 cm approximate size, "hex", with identical diametric dimension and "notched", in this case using stone units of variable size and without regular shape, but always small, freely settled but in such a way to mate well. The latter procedure, already in disuse, is the one originally called "Portuguese Pavement". All these settlement techniques are described

Figure 27 – Indoor Portuguese Pavements.

In all cases, the final works must be thoroughly cleaned (Figure 28) so that their appearance is

Figure 28 – Example of a clean pavement.

Figure 29 – Examples of poorly cleaned works: cement has dried on the surface and will take long time to disappear. It will be difficult to get a properly cleaned pavement if not intensively used.

6.1 – Tools for making Portuguese pavements

Figure 30 shows the most common tools used for making Portuguese pavements. Like

Figure 30 – Most used tools in paving works:

- Pitchfork
- Pick
- Masons hammer
- Stool
- Shovel

and exemplified in Chapter 6.2.

In general, one can say that the characteristics of a work greatly depend on the perfection of settlement.

Concerning new perspectives for the use of Portuguese Pavements, Santos (2004) points out that "today we began to notice the increase of Portuguese Pavements application in the *high-lux* segment, usually in the interior of houses, for which the quality of stone and the perfection of settlement are mandatory. These aspects, associated with the further treatment of the pavement through smoothing and sealing, configure solutions providing high added-value" (see examples in Figure 27). It is to note that for interior applications to be polished, joints shall be filled with watery cement (also called cement gum).

not affected by adhesion of dirt or, even worse, by the adhesion of cement, when used (Figure 29).

the settlement itself, they are mainly traditional tools.

- Wheelbarrow
- Watering can
- Broom
- Mallet
- Vibratory plate
- Sledge - hammer

6.2 – Templates

After a phase of pavement designs artisanally made, accessories with cut-outs were created allowing to repeatedly reproducing drawings as carpets, bouquets, caravels, rosettes, animals, etc. Templates allow the repeti-

tion of patterns and colours through a preset delimitation of spaces.

Templates were originally made of wood; currently iron and PVC are used.

6.3 – Settlement techniques

Paving stones can be settled in different ways, depending on the purposes of the work and the designs to be made. The main ones are:

Square or row - It designates a geometric work of rows covering an area, made with stones of approximate equal size.

Figure 31 – Settlement in square and row patterns.

Fan pattern – That's a technique providing a fine final effect, widely used in northern European countries but also in Portugal, though less frequently. Apart from the elements with

cubic shape, a given percentage of trapezoidal and oblong elements are required, some of which the paver produces at the moment of settlement.

Figure 32 – Fan patterns and schematic representation of the most usual ones.

Notched – It consists of a pavement made of stone units of variable size and without

regular shape, freely settled but mating well.

Figure 33 – A notched paving work dated from 1908 and a detail of this technique.

Hex – It's a pavement made of whitish or black stone, with regular hexagonal shape and

diametral width of 5 cm. It is a type of work that distinguishes the good master pavers.

Figure 34 – Decorative parts made with hexagonal stone units.

Portuguese Pavement – It is the most characteristic limestone paving technique made with any of the usual dimensions, randomly settled. At the beginning of the use of this technique,

stone units of irregular size and with wedge shaped sides were used. Today, the same technique is used, but units have regular size and more square faces.

Figure 35 – Typical Portuguese pavements.

Much of the current paving works using limestone units are performed according to the Portuguese Pavement technique. The settlement in *square* or *row* also has some use, especially when limestone is applied in combination with granite in pedestrian crossings or in car parks, for example.

As a final note, it is to remark that the *notched* technique is very little used today. In turn, the *hex* technique, of more demanding execution but of beautiful final effect, still has some use, particularly in artistic and decorative works.

6.4 - Signatures

A signature in a Portuguese Pavement is a testimony of the paver-artists and, like a mark, it identifies and personalizes a design.

Signatures are also a demonstration of personal pride and of strong dedication to the art

Figure 36 – Signatures.

6.5 - Comercial mosaics

Like a stamp of big proportions, the design of letters, symbols and commercial logos in exterior and interiors floors is an interesting demonstration of the capabilities of the Portu-

Figure 37 – Several examples of commercial mosaics.

7 – Some practical elements on Portuguese Pavements

7.1 - Stone units dimension for some uses

Stone units dimension for the most common uses are:

- Sidewalks and lanes for pedestrians - 5/7 cm

of paving.

Paver's signatures are made by mating a small number of small carved stones with triangular, hexagonal, square, shell or pear shape.

guese Pavements as a means of visual communication. Some examples of this kind of works are shown in Figure 37.

- Streets with auto traffic, garages and car parks - 9/11 cm or 12/13 cm

- Artistic works - 4/5 cm

7.2 - Most common stone tonality for each use

The available stone tonalities, individually or combined with each other, are more or less used depending on the intended use. Usually, each one is mostly used in the following cases:

Sidewalks and lanes for pedestrians – Whitish stone

Bands and decorative designs – Black and grey stone

- Sidewalks

Figure 38 – Examples of the use of whitish limestone units in sidewalks.

- Streets

Figure 39 – A street paved with whitish limestone units.

Car parks and garages - whitish and light-grey stone

Ornamental designs – Whitish stone combined with black and/or pink ones

Whitish limestones are the most used in Portuguese Pavements. In fact, this tonality is found almost everywhere, as in sidewalks, streets, squares, etc.

- Squares

Figure 40 – Square pavements showing geometric designs made with black and whitish limestone units.

- Car parks

Figure 41 – Detail of the floor of a parking lot made with whitish paving units.

It is also common to find whitish paving units combined with granite. This option is used often in pedestrian crossings and some streets.

Figure 42 – Combination of whitish limestone units with granite cubes or slabs.

- Decorative and artistic designs

Black and dark-grey limestones are generally used to make sidewalk bands and geometric and artistic designs in squares and streets.

Figure 43 – Examples of the combination of black, white and grey paving units.

Like the whitish ones, light-grey limestones are used in almost all areas but in smaller quantities. Their application focuses more on car parks, streets and gutters.

Figure 44 – Some examples of the use of light-grey paving units.

Although usually intended for making artistic designs, pink limestone has been applied also in streets and squares, but not so often.

Figure 45 – Pink limestone used in decorative designs.

Yellow limestone, available in smaller quantities, is also used for small artworks.

Figure 46 – Artistic work combining several stone colours.

7.3 – Important aspects to take into account for making a Portuguese Pavement

As we have seen, there are several techniques for making a Portuguese Pavement. Often, stone units are not well settled, several errors in that phase being made. Some important aspects to consider for successfully construct a Portuguese Pavement are discriminated bellow.

- Soil compaction

In the following examples, both concerning sidewalk pavements, there was due to inadequate compaction, soil has deformed when trampled by vehicles causing the displacement and “pull-out” of stone units.

Figure 47 – Examples of poor compaction of the sub-base of sidewalks, with the consequent deterioration of the pavement by vehicle wheels.

Other cases of poor soil compaction are shown in Figure 48. When soil gets deformed, the pavement suffers deformation and the detachment of stone units around the boxes and grilles easily occurred.

Figure 48 – Other examples of deterioration of pavements due to poor compaction of the sub-base.

As it can be seen in Figure 49, joints are too wide and, in addition to causing walking difficulties to pedestrians, stone units may more easily get loose (e.g. in the case of being trampled by vehicles). One of the pictures shows stone units “pull-out” because joints are too wide.

Figure 49 – Examples of pavements with too wide joints, the cause of pavements deterioration.

Therefore, joints shall be uniform and within standard width dimensions (Figure 50).

Figure 50 – Examples of pavements with appropriate joints width.

- Floors leveling. Ramps

Besides joints shall be not too wide, stone units shall be settled at the same level and the pavement surface must be flat (bulging is justified only for drainage of rain water and usually will only be allowed up to a maximum height of 2 % of the pavement width). Access ramps for vehicles should not occupy the entire sidewalk (they shall be limited to a maximum of 60 cm of the sidewalk width), and in any case they shall not put in question the safety and convenience of pedestrians. Close to pedestrian crossings and in accesses for disabled, a ramp of about 1.2 to 1.8 m according to the sidewalk width must be made, and when the sidewalk width is less than 1.5 m the pavement must be throughout lowered.

Figure 51 – Ramps for pedestrians and an exemple of a lowered pavement.

- Pedestrian crossings

The white-dark contrast is widely used to indicate pedestrian crossings. But, as shown in Figure 52, stone units with inadequate dimensions have been used in many situations. In the particular case of this picture, 9/11 cm stone units with very irregular face were used, not matching the granite pavement pattern which units have larger and uniform dimensions. That`s another situation where, apart from causing walking difficulties to pedestrians, stone units may easily detach from the pavement.

Figure 52 – A crosswalk with inadequate combination of stone formats.

The pedestrian crossing in Figure 53 is an example of a good paving work: black and white units of uniform size and with regular faces and uniform joints with adequate width.

Figure 53 – Example of a well made zebra crossing.

For a zebra crossing to be clearly visible it is advisable to use “vidraço” limestone, especially the white one. “Vidraço” limestones are more resistant and get not easily dirty as soft limestones do.

Figure 54 – A dirty zebra crossing due to the use of low hardness limestone.

- Settlement of stone units around covers or boxes and in pavement borders

Around covers or boxes of sewer and other urban structures there is often a poor settlement of Portuguese Pavements. In the images of Figure 55, stone units have been settled in

the same manner until lids limits, then stones close to covers and boxes are wedge shaped, giving a bad appearance and leading to an easy detachment of stone units.

Figure 55 – Paving defects around covers and boxes.

On the contrary, the examples in Figure 56 show well performed works. A row was placed around covers giving greater resistance to sur-

rounding pavement, thus avoiding stone units to “pull-out”. The borders shown in the lower picture of the same Figure were made the same way.

Figure 56 – Examples of good paving procedures close to boxes and covers and for making borders.

- Reconstitution of pavements (small areas restoration or recomposing)

Sometimes, when stone units are removed for any reason, they must be resettled, many times reusing the removed stone. But, as shown in the pictures of Figure 57, in some cases the

reconstituted pavement doesn't match the formerly existing pattern and settlement quality. To make a good restoration job it is necessary to contract an experienced paver.

Figure 57 – Two bad pavement repairing works.

Moreover, a good reconstruction involves the use of stone units with dimensions equal to the original ones if those can not be reco-

vered. A poor restoration is clear in the cases shown in Figure 58.

Figure 58 – Other unsuccessful pavement restoration cases by ignoring the original settlement pattern.

- Paving stone quality

As different qualities of paving stone exist and paving stone is used for very different purposes, to select the appropriate stone for each work is essential.

ters most is the cost of the work, forgetting the quality. In such circumstances, a stone of lower quality and hence lower cost is often used and applied without the convenient technical rigour.

But, in many situations, an inadequate stone type is used. Pavements performed with low quality stone moreover poorly settled are often seen, which gives a bad image of the capacity of Portuguese paving stones to make floorings. Such cases occur mainly in public works, in which what mat-

To avoid these errors, it is necessary that authorities take into consideration the quality of paving stone and its settlement, requesting the most adequate stone type and the adoption of the best practices for Portuguese Pavements construction.

7.4 – Calculation of paving stone cost

Usually, stone for Portuguese Pavements is sold in two ways: by unitary prices ex-quarry and as a final product (unitary price + settle-

ment costs).

Within the same size, the cost of paving stone may vary depending on its quality.

Price of paving stones ex-quarry

Whitish stone

Nominal size (cm)	Price per m ³ (€)
4/5	125 to 150
5/7	60 to 75
9/11	55 to 70
12/13	55 to 70

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.18 € to 0.25 €

Black stone

Nominal size (cm)	Price per m ³ (€)
4/5	180 to 200
5/7	140 to 160
9/11	200 to 250
12/13	250 to 280

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.40 € to 0.45 €

Dark-grey stone

Nominal size (cm)	Price per m ³ (€)
4/5	150 to 170
5/7	90 to 110
9/11	90 to 110
12/13	110 to 120

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.20 € to 0.25 €

Light-grey stone

Nominal size (cm)	Price per m ³ (€)
4/5	150 to 160
5/7	70 to 80
9/11	60 to 70
12/13	50 to 60

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.20 € to 0.25 €

Pink stone

Nominal size (cm)	Price per m ³ (€)
4/5	350 to 500
5/7	250 to 270
9/11	250 to 270
12/13	240 to 250

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.40 € to 0.45 €

Price of Portuguese Pavements ready for use

The sale of paving stone as a final product includes stone price, transportation and settlement. Prices per square meter of each

stone type are given bellow, except for 10 cm cubes, which remain as unitary prices but include transportation and settlement.

Whitish stone

Nominal size (cm)	Price per m ² (€)
4/5	30 to 35
5/7	15 to 22
9/11	15 to 20
12/13	15 to 20

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.22 € to 0.27 €

Black stone

Nominal size (cm)	Price per m ² (€)
4/5	30 to 40
5/7	25 to 30
9/11	30 to 40
12/13	35 to 40

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.50 € to 0.60 €

Dark-grey stone

Nominal size (cm)	Price per m ² (€)
4/5	25 to 30
5/7	20 to 25
9/11	20 to 25
12/13	35 to 40

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.35 € to 0.40 €

Light-grey stone

Nominal size (cm)	Price per m ² (€)
4/5	25 to 30
5/7	20 to 25
9/11	20 to 25
12/13	15 to 25

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.35 € to 0.40 €

Pink stone

Nominal size (cm)	Price per m ² (€)
4/5	30 to 45
5/7	30 to 35
9/11	30 to 35
12/13	35 to 40

Price of 10 cm cubes (each unit) – 0.50 € to 0.60 €

7.5 – Paved area in function of stone unit dimensions

This rate is expressed in terms of m² of pavement that can be made with each m³ of stone units according to their nominal size.

Nominal size (cm)	m ³	m ²
4/5	1	17 to 18
5/7	1	12 to 13
9/11	1	9 to 10
12/13	1	8 to 9

These rates may vary slightly, because they depend on the quality of the paving product and of the paver itself.

7.6 - Estimation of m² of pavement made per day

Pavements with artistic designs made with 4/5 cm stone units: 8 m²/8 h per paver. Pavements made with 9/11 cm stone units: 15 m²/8 h per paver.
 Pavements made with 5/7 cm stone units: 20 m²/8 h per paver.

8 – Characteristics of Portuguese natural stone for paving

It was already said that the quality of a paving work is based mainly on three aspects: the characteristics of the stone used, the quality of production and the quality of settlement.

The first one of these factors, still missing and constituting the subject of this chapter, is linked to the geological processes that led to the genesis and subsequent evolution of the productive formations.

In the Limestone Massif of Estremadura area, paving limestone quarries are dominantly sat in the “Base vidraços” unit, dated from the Lower Bathonian stage (Middle Jurassic), but limestones belonging to the “Top vidraços” unit are also exploited, these ones belonging to the Upper Bathonian stage. In both cases, they are micritic limestones with partially microcrystalline cement, very compact, formed

in low energy aquatic environments, locally in tidal platforms, the first ones having whitish colour and the later ones grey or black colour probably due to the effects of a doleritic intrusion existing in Alqueidão da Serra. In general, they constitute little inclined beds developing mainly in extension along the Massif and as sedimentary formations they display textural variations determining the existence of stone with different physical and mechanical characteristics depending on the exploitation site and the exploited layer.

In the Algarve Border, white and reddish paving limestone is also exploited in Portlandian-Kimmeridgian formations (Upper Jurassic). From the genetic and textural point of view they are similar to the most common paving limestones of the Limestone Massif of Estremadura.

8.1 – Petrographic, mineralogical and chemical characteristics

Table 1 summarizes the results of petrographic, mineralogical and chemical studies performed on samples of the most used national limestones for paving units production.

They are compact rocks with very uniform texture and very fine matrix, mainly composed of micritic calcite and within which some scattered spots or small lineations formed by microcrystalline calcite (sparite) seldom occur. The dispersed spots sometimes correspond to sparry zones within the micritic matrix or, in many cases, to fossil remains (bioclasts), and

lineations correspond to very fine cracks filled with calcite. Some of the studied varieties contain pellets and sub-spherical, oval or elliptical oolites.

Chemically and mineralogically, they are very pure limestones whose main constituent, CaCO_3 , ranges between 95 and 99 % of the total amount. The accessory components are limited to small quantities of iron oxides and hydroxides and, only in some cases, of sulphides (pyrite), carbonaceous matter and, more rarely, detritic quartz.

Table 1 - Petrographic, mineralogical and chemical characteristics

Lithological types	Macroscopic description	Mineralogical and chemical characteristics
Whitish to whitish-beige stone (Planalto de Santo António - Porto de Mós and Santarém)	Light-beige limestone, sometimes almost white, compact, with homogeneous structure, often very rich in fossil remains, mainly shells, in general constituted of sparry calcite.	Limestone dominated by precipitation biogenic constituents (mainly shells) and having a micritic matrix.
Black stone (Alqueidão da Serra - Porto de Mós)	Dark-grey to black limestone, homogeneous and compact, with spread metallic sulphides and carbonaceous matter punctuations. Light colour sparry calcite patches sometimes occur, which can correspond to fossil remains of or to filled irregular microcracks.	Limestone essentially formed by precipitation, biogenic with sulphides and carbonaceous matter (biomicritespallid).
Dark-grey stone (Alqueidão da Serra - Porto de Mós)	Dark-grey compact limestone, with rather heterogeneous structure, characterized by the alternance of zones with more irregular structure where dark aggregates and punctuations (carbonaceous matter and sulphides) and light spots probably corresponding to fossil remains occur, with other zones showing a more homogeneous and compact aspect.	Limestone essentially formed by precipitation, biogenic containing some carbonaceous matter and sulphides (biopelmicritespallid).
Light-grey stone (Alqueidão da Serra - Porto de Mós) (Reguengo do Fetal - Batalha)	Brownish-beige limestone with compact and homogeneous appearance, sometimes showing a yellowish or reddish patina caused by superficial weathering.	Limestone essentially formed by precipitation, biogenic mainly corresponding to shells containing rare iron hydroxides and sulphides (biomicritespallid).
Pink stone (Ataboeira - Albufeira)	Orange-yellow limestone, compact, with homogeneous general structure, sometimes with centimetric geodes filled by calcite and iron oxides and hydroxides.	Limestone dominated by precipitation, biogenic with iron oxides and hydroxides dispersed within a micritic matrix.

Characteristics of the main national paving stone types

Microscopic description	Mineralogical composition		Chemical composition			
Primarily formed by chemical but also containing allochemical mainly pellets and remains of diverse forming a partially microcrystalline (pelbiomicritesparite).	Calcite	~ 99 %	SiO ₂	<0.86 %	Na ₂ O	<0.20 %
	Hydrated iron oxides	traces	Al ₂ O ₃	<0.22 %	K ₂ O	<0.03 %
			Fe ₂ O ₃	<0.04 %	TiO ₂	<0.04 %
			MnO	<0.02 %	P ₂ O ₅	<0.03 %
			CaO	56.06 %	P.R.	43.49 %
		MgO	0.27 %			
Primarily formed by chemical biomicritic, partially spathized and and carbonaceous matter (sparite).	Calcite	~ 95 %	SiO ₂	9.39 %	Na ₂ O	0.25 %
	Pyrite	~ 3 %	Al ₂ O ₃	3.71 %	K ₂ O	0.59 %
	Carbonaceous matter	~ 2 %	Fe ₂ O ₃	1.64 %	TiO ₂	0.14 %
			MnO	0.07 %	P ₂ O ₅	0.10 %
			CaO	47.36 %	P.R.	34.54 %
		MgO	1.94 %			
Primarily formed by chemical biomicritic, partially spathized, the dispersed pellets and sulphide ous matter spots (sparite).	Calcite	~ 99 %	SiO ₂	2.15 %	Na ₂ O	<0.20 %
	Hydrated iron oxides, carbonaceous matter		Al ₂ O ₃	0.76 %	K ₂ O	0.10 %
			Fe ₂ O ₃	0.66 %	TiO ₂	<0.04 %
	and pyrite	~ 1 %	MnO	0.02 %	P ₂ O ₅	0.03 %
			CaO	52.67 %	P.R.	42.00 %
		MgO	1.41 %			
Primarily formed by chemical biomicritic, with spathized zones bonding to fossil remains and quartz grains and iron oxides and inclusions and aggregates (sparite).	Calcite	~ 99 %	SiO ₂	4.49 %	Na ₂ O	<0.20 %
	Iron oxides and hydroxides and quartz		Al ₂ O ₃	1.71 %	K ₂ O	0.26 %
		~ 1 %	Fe ₂ O ₃	0.70 %	TiO ₂	<0.04 %
			MnO	0.03 %	P ₂ O ₅	0.04 %
			CaO	50.75 %	P.R.	41.04 %
		MgO	0.70 %			
Primarily formed by chemical containing oolites and also bioclasts in a partially microcrystalline (oobiomicritesparite).	Calcite	~ 99 %	SiO ₂	1.46 %	Na ₂ O	<0.20 %
	Dolomite	traces	Al ₂ O ₃	0.51 %	K ₂ O	0.08 %
	Iron oxides and hydroxides		Fe ₂ O ₃	0.36 %	TiO ₂	<0.04 %
		traces	MnO	0.02 %	P ₂ O ₅	<0.03 %
	Quartz	traces	CaO	54.29 %	P.R.	42.65 %
		MgO	0.51 %			

8.2 - Physico-mechanical characteristics

Although in the case of Portuguese Pavements aesthetic predicates are relevant, we must have in mind that the right choice of stone types for a given work is increasingly guided by economic factors, in terms of price/durability, thus making knowledge of the technical cha-

racteristics of each stone type to be essential in order to avoid inadequate use, which can put in question the useful life of the work performed. Under this context, technical elements that will be useful for the adequate use of Portuguese paving stone are available in Table II.

Table II - Physico-mechanical characteristics of

	Compressive strength	Compressive strength after frost test	Bending strength	Apparent volumetric weight	W
	(MPa)	(48 cycles) (MPa)	(MPa)	(kg/m ³)	pti
Lithological types					
Whitish to whitish-cream stone (Planalto de Santo António - Porto de Mós and Santarém)	80 to 130	75 to 120	11.0 to 14.0	2470 to 2600	
Black stone (Alqueidão da Serra - Porto de Mós)	115 to 180	100 to 160	9.5 to 13.5	2700 to 2720	
Dark-grey stone (Alqueidão da Serra - Porto de Mós)	100 to 130	80 to 110	10.5 to 13.5	2640 to 2700	
Light-grey stone (Alqueidão da Serra - Porto de Mós) (Reguengo do Fetal - Batalha)	70 to 100	55 to 80	9.0 to 13.0	2390 to 2600	
Pink stone (Ataboeira - Albufeira)	50 to 70	50 to 80	8.0 to 10.5	2510 to 2600	

NOTE: Given the characteristics of deposits and aware of the variability of stone physical and mechanical characteristics, we decided to be adequate to report the most probable range of values for these physico-mechanical properties.



the main national paving stone types

Physico - mechanical properties						
Water absorption at atmospheric pressure	Open porosity	Thermal linear expansion coefficient	Abrasion resistance (Capon)	Slip resistance	Impact resistance	Frost resistance
(%)	(%)	($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	(mm)	(SRV)	(cm)	(Nr. of cycles)
Most probable values						
2.0 to 3.0	4.7 to 7.0	2.5 to 3.5	21.0 to 23.5	65 to 75	25 to 30	≥ 48
0.0 to 0.2	0.1 to 0.3	4.6 to 5.5	20.0 to 21.0	70 to 75	20 to 25	> 48
0.2 to 0.9	0.5 to 2.5	4.6 to 5.5	20.0 to 21.5	70 to 75	25 to 30	24 to 36
2.0 to 4.0	4.7 to 9.3	4.5 to 5.0	21.0 to 22.5	50 to 60	25 to 30	not frost resistant
1.5 to 2.5	3.5 to 5.8	3.5 to 4.0	22.0 to 24.0	70 to 75	25 to 30	≈ 48

istics according to the exploitation site and the exploited layer (particularly in the Limestone Massif of Estremadu-

9 – A short reference to EN 1342:2001 – Setts of natural stone for external paving - Requirements and test methods

The harmonised standard EN 1342:2001 was developed by CEN TC 178 - WG 2 and includes provisions for evaluating and attesting the compliance of products with Directive 108/86/CE “Construction Products” and for CE marking.

In this EN, some of the test methods are available as Annexes. At the moment, this Standard has been revised and is in Formal Vote stage, having suffered significant adjustments that soon producers have to take into account.

Index of EN 1342:2001:

Contents

Foreword

1 Scope

2 Normative references

3 Terms and definitions

4 Requirements

4.1 Dimensions

4.2 Freeze/thaw resistance

4.3 Compressive strength

4.4 Abrasion resistance

4.5 Slip resistance

4.6 Aspects

4.7 Water absorption

4.8 Petrographic description

4.9 Chemical surface treatment

5 Evaluation of conformity

5.1 General

5.2 Initial type tests

5.3 Factory production control

6 Acceptance criteria

6.1 Sampling

6.2 Conformity criteria

7 Marking, labelling and packaging

Annex A (normative) Measurement of dimensions

Annex B (normative) Measurement of abrasion resistance

Annex C (normative) Measurement of unpolished slip resistance value (USRV)

Annex D (normative) Sampling

Annex ZA (informative) Clauses of this European Standard addressing the provisions of the EU Construction Products Directive

The system for **evaluation of conformity** of outdoor paving products for pedestrians and vehicles use is System 4, in which initial type testing and Factory Production Control (FPC) are carried out by the manufacturer itself and under his responsibility.

When all the provisions of the concerned harmonised standard for conformity evaluation are carried out, the manufacturer shall prepare a **declaration of conformity**, under which the manufacturer or his agent established in the Community are authorized to affix **CE marking** on an attached label, on the packaging or on the accompanying commercial documents according to the model shown in Annex ZA of EN 1342 and are always responsible for it.

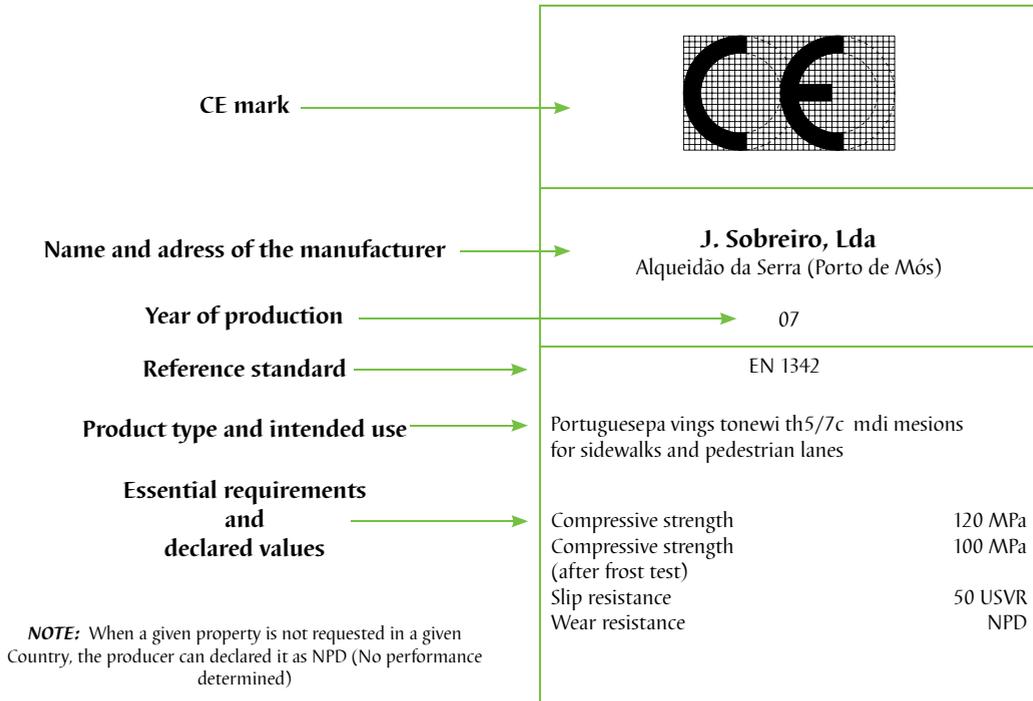


Figure 59 – An example of CE marking for paving stone units and explanation of its contents.



10 – Product specifications

EN 1342 includes provisions concerning tolerances for geometric characteristics of the products, which typical Portuguese paving stone units (produced manually) are hardly able to meet. Under these conditions, hewn products must be declared as random dimensions (which is allowed) or as Class 0, which is proposed in the undergoing revision.

In turn, the values relating to the essential physical and mechanical specifications for these products are not yet laid down in European standards, so the guide values presented below have only an informative character.

A - VISUAL APPEARANCE

Visually identified colour and other characteristics of the products shall be described, including surface finish resulting from the production process itself (split or sawn) or from specific surface treatment (machine tooled, honed, bush hammered, etc.).

B - GEOMETRIC CHARACTERISTICS

EN 1342 contains provisions relating to tolerances for geometric characteristics of sets of natural stone according to the declared nominal size, faces finish and marking classes.

Portuguese Paving stone is typically produced in random sizes within each commercial range (not defined by a fixed nominal size, but

by a dimensional range). When the new EN 1342 is adopted, many of these products will be framed in Class 0, without tolerance requirements; in such circumstance, tolerances shall be agreed between customer and producer.

Sawn products, usually declared as fixed nominal dimensions, shall fall within Classes 1 or 2, and therefore shall meet the tolerance requirements of EN 1342.

C - PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS

- Petrographic description

Above all, it aims at to determine the mineralogical composition of the stone, quantifying the main and accessory minerals, and to describe the texture (granularity ...), the degree of weathering, microfracturation, etc.

- Compressive strength

Usually required value for good quality products: > 60 MPa

- Bending strength

Most required value: > 7 MPa

- Water absorption at atmospheric pressure

Indicative value for good quality products: ≤ 3.0 %

- Open porosity

Indicative value for good quality products: ≤ 6,0 %

- Abrasion wear resistance (Proposal)

CHARACTERISTICS OF THE TRAFFIC		Amsler tribometer (200 m course)	Capon machine (wide wheel)
Intense traffic (1)	Public use	≤0,8 mm	≤18,0 mm
Strong to moderate traffic (2)	Public use	≤2,0 mm	≤19,5 mm
	Collective use	≤3,5 mm	≤21,5 mm
Moderate traffic	Collective use	≤5,5 mm	≤24,5 mm
Low traffic	Public use	≤9,5 mm	≤30,0 mm

(1) Includes traffic of heavy vehicles and other cargo lorries

(2) Includes occasional traffic of emergency vehicles and of light loads transport

- Slip resistance

- Its assessment **is not necessary** when surface **roughness is greater than 1 mm**

- To be determined when **roughness is equal to or less than 1 mm**:

- SRV (Slip Resistance Value) usually considered safe for horizontal surfaces: ≥ 35

- SRV (Slip Resistance Value) usually considered safe for inclined surfaces: ≥ 40

NOTE: As stated in the reference standard, slip resistance of a surface can be substantially different from slip resistance of individual elements.

Areas poorly affected by frost action (≤ 2 days/year with temperature below -5 °C)	Areas moderately affected by frost action (between 3 and 10 days/year with temperature between -5 and -10 °C)	Areas strongly affected by frost action (> 10 days/year with temperature below -10 °C)
≥ 56 cycles ^{a)}	≥ 96 cycles	≥ 144 cycles ^{b)}

^{a)} Requirement specified in revised EN 1342 for CE marking

^{b)} In especially severe frost situations, the required number of frost cycles must be explicitly set by the customer

- Skid resistance

Most required SRV (Slip Resistance Value): ≥ 45 (to consider also the last *NOTE*)

- **Frost resistance** as the number of frost-thaw cycles without evidence of stone deterioration, confirmed by compressive strength tests:

- **Interiors, no frost zones or sheltered outdoor areas:**

Testing not required.

- **Exteriors**

Proposal of general guide values for external pavements in areas affected by frost action:

11 - Portuguese Pavements in the world

There are countless examples of Portuguese Pavements in Europe, Africa, America, Asia and Oceania. In the Portuguese version, we repro-

duce only a few of them, not necessarily the best ones.

12 - Final note

The Portuguese Pavement, a genuine paving technique well rooted in our tradition, is a good example of how creativity can take advantage of natural resources to generate economic activities of significant value.

As a matter of fact, the exploitation of mineral resources is an essential factor for the economic and social welfare of many regions of our country, which development is inseparable from the adoption of solutions leading to an efficient and profitable use of the territory without degrading the environmental conditions or compromising its use in the future.

13 - Glossary

Some of the slang terms used by paving stone producers:

Traçador (Hewner) - The man who hews stone masses with a sledge-hammer.

Cortador (Cutter) - The man who cuts stone units with a hammer.

Pedra Vidraço (Glassy stone) - Stone of excellent quality.

Pedra Macia (Soft stone) - Stone of lesser quality.

Malha (Rectangular mass) - Well hewn and good quality stone mass.

Bicos (Beaks) - Badly hewn stone masses.

Cubos (Cubes) - Well cut stone units, which are within the standard dimensions.

Moca (Out of size) - Badly cut stone units, which are outside the standard dimensions.

Moreover, the Portuguese Pavements sector has already accomplished decisive steps towards the fulfilment of the requirements of European Standards on CE marking of construction products, defending for the best possible way its products and unequivocally ensuring customers the quality they expect.

We strongly believe that this Handbook will contribute to a better understanding of the unique art of the Portuguese Pavements and to strengthen the disclosure of their enormous technical and aesthetic potentialities to official Authorities, design offices, architects and construction companies, becoming as one more way to promote them.

Some of the slang terms used by pavers:

Aparelhar (Squaring) - To break stone in the shell of the hand.

Caixa (Box) - Excavated area with coarse sand or stone powder to receive stone units.

Cavilhas (Bolts) - Parts of iron to fix a template.

Encalhamento (Stucking) - Aligning straight rows of stone units, as usual in the most common Portuguese settlement techniques.

Enxadrear (Crazy pattern) - Notched stone units distribution.

Mestras (Reference lines) - Guide-lines for rows alignment.

Nega (Refusal) - Situation where paved stones already hit sidewalk kerbs.

Recalque (Trampling) - Effect of the mallet in the pavement.

Xadrez (Chequered) - General name given to the Portuguese pavements aspect.

Bibliography

- AFNOR, 2006 – Norme NF B 10-601 – Produits de carrière - Pierres naturelles: Prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles. *AFNOR*, pg. 66, Paris.
- Agostinho, Paulo & Novais, Paulo, 2008 – Pedreiras: Calçada portuguesa limpa cabeços da Serra de Aire. Orig. of Agência Lusa, in *Jornal O Mirante – Semanário Regional*, 08/05/2008.
- Alho, José, 2008 – PNSAC: Novo Plano de Ordenamento. In <http://pnsac.blogspot.com>, 01/11/2008.
- Amaral, Francisco Pires & Santa-Bárbara, José, 2002 – *Mobiliário dos Espaços Urbanos em Portugal*. Mirandela, João Azevedo Ed., pg. 289 + 2.
- Artur (calceteiro), 2007 – O calceteiro e a arte da calçada. In *Calceteiro.com* “A arte da calçada”, 2007.
- Bairrada, E. Martins, 1986 – Empedrados artísticos de Lisboa - A arte da calçada mosaico. M. Bairrada (Ed.), Lisboa.
- Carvalho, J., 1997 – Calcários ornamentais e industriais da área de Pé da Pedreira (Maciço Calcário Estremenho). Carta de Aptidão. *Estudos, Notas e Trabalhos*, I.G.M., Tomo 39, pp. 71-89, Porto.
- Decreto-Lei nº 4/2007 de 8 de Janeiro (*Diário da República*, 1ª série – Nr. 5 – 8 Jan 2007, Ministério da Economia e Inovação).
- EN 1342:2001 – Setts of natural stone for external paving - Requirements and test methods.
- EN 12440 – Natural stone - Denomination criteria.
- EN 12670 – Natural stone - Terminology.
- EN 1926, EN 1936, EN 12371, EN 12407, EN 13373, EN 13755, EN 14157, EN 14231: Natural stone - Test methods.
- ICAT, 2006 – Estudo de impacte ambiental das explorações de pedra de Calçada Portuguesa e de laje do Parque Natural das Serras de Aire e de Candeeiros. Vol. 1 – Resumo não técnico, pg. 48 + Figures.
- Moura, A. Casal, 2006 – Qualidade industrial e marcação CE, in *Manual da Pedra Natural para a Arquitectura*, Anexo C, pp. 161-185, DGGE (Ed.), Lisboa.
- PN, 2004 – A PN apresenta um novo produto em pedra natural: Calçada Portuguesa em placas padronizadas. *Rochas & Equipamentos*, nº 75, pp. 138-139.
- prEN 1342:2009 – Setts of natural stone for external paving - Requirements. *Revision of EN 1342:2001 submitted to Public Enquiry*, March/09.
- Projecto de Lei 189/IX (20/Dec/02) – Assegura a defesa e a valorização da calçada de vidro à portuguesa. In www.pcp.pt.
- Proposta_Revisao_DPC, 2008 – Proposta de regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos Produtos de Construção. *Draft COM(2008) 311 final*, 23.5.2008, pg. 62, Brussels.
- Regipedra, undated – Calçadas em mosaico Português. In www.regipredra.com.br (S. Paulo).
- Santos, Fernando J. Amado, 2004 – Inovação e competitividade no sector da Calçada Portuguesa. *Rochas & Equipamentos*, nº 73, pp. 8-28.
- Silva, Liberato Teles de Castro, 1986 – Duas palavras sobre pavimentos. *Typografia da Companhia Nacional Editora*, Lisboa.





Vila Real de Santo António

ÍNDICE

Prefácio	4
Introdução	8
1 - As origens da Calçada Portuguesa	12
2 - Fases da produção	16
2.1 - Exploração	17
2.2 - Etapas da extracção e da manufactura da Calçada	25
3 - Tonalidades da pedra na Calçada Portuguesa	32
4 - Dimensões da Calçada Portuguesa	36
5 - Peso da calçada por metro cúbico	38
6 - Assentamento / Calçetamento	42
6.1 - Ferramentas utilizadas na aplicação da calçada	52
6.2 - Moldes	58
6.3 - Técnicas de aplicação	60
6.4 - Assinaturas	66
6.5 - Mosaicos Comerciais	68
7 - Alguns elementos práticos sobre a Calçada Portuguesa	72
7.1 - Aplicações / Medidas	73
7.2 - Colorações mais comuns por tipo de aplicação	74
7.3 - Aspectos importantes a ter em conta na aplicação da Calçada Portuguesa	80
7.4 - Cálculo de custos da calçada	88
7.5 - Rendimento em função das dimensões da calçada	91
7.6 - Cálculo base de m ² de aplicação por dia	91
8 - Características da pedra natural para Calçada Portuguesa	94
8.1 - Características petrográficas, mineralógicas e químicas	95
8.2 - Características físico-mecânicas	98
9 - Análise da Norma EN 1342 - Cubos e paralelepípedos em pedra natural para pavimentos exteriores	102
10 - Especificações dos produtos	120
11 - Calçada Portuguesa no Mundo	124
12 - Nota final	132
13 - Glossário	134
Bibliografia	136

INDEX

Foreword	141
Introduction	142
1 - The Portuguese Pavement origins	144
2 - Production phases	146
2.1 - Exploitation	146
2.2 - Paving stone extraction and manufacturing phases	148
3 - Stone tonalities used in Portuguese Pavements	149
4 - Dimensions of the paving stone units	150
5 - Weight of paving stone units per cubic metre	150
6 - Settlement	150
6.1 - Tools for making Portuguese Pavements	152
6.2 - Templates	153
6.3 - Settlement techniques	153
6.4 - Signatures	154
6.5 - Commercial mosaics	154
7 - Some practical elements on Portuguese Pavements	154
7.1 - Stone units dimension for some uses	154
7.2 - Most common stone tonality for each use	154
7.3 - Important aspects to take into account for making a Portuguese Pavement	155
7.4 - Calculation of paving stone cost	158
7.5 - Paved area in function of the stone unit dimensions	160
7.6 - Estimation of m ² of pavement made per day	160
8 - Characteristics of Portuguese natural stone for paving	161
8.1 - Petrographic, mineralogical and chemical characteristics	161
8.2 - Physico-mechanical characteristics	164
9 - A short reference to EN 1342:2001 - Setts of natural stone for external paving - Requirements and test methods	166
10 - Product specifications	168
11 - Portuguese Pavements in the world	169
12 - Final note	170
13 - Glossary	170
Bibliography	171

Deste Manual da Calçada Portuguesa foi impressa
uma edição especial numerada de 50 exemplares.

Direcção Geral de Energia e Geologia
Lisboa, Outubro de 2009

A Calçada Portuguesa, digna herdeira de uma forma de arte decorativa originária sobretudo da época greco-romana, é amplamente utilizada no calçamento de zonas pedonais, ruas, praças e outros espaços públicos ou privados. Para além da sua funcionalidade, os diversos padrões decorativos conseguidos com base no contraste cromático das pedras resultam em obras de significativo valor estético, espalhadas por todos os continentes.

Concebido numa óptica de complementaridade a alguns bons trabalhos fotográficos e de texto já existentes, o Manual da Calçada Portuguesa tem como principal objectivo aprofundar o estado actual do conhecimento na matéria e valorizar tão relevante manifestação da cultura e do saber nacionais, com a pretensão de fazer prova da credibilidade da produção e da capacidade existente para a execução de obras de qualidade, constituindo-se desse modo como uma via eficaz para a sua promoção.

Assim, este Manual aborda aspectos específicos da actividade do sector da calçada, de cariz marcadamente tradicional em várias regiões do País, integrando capítulos sobre a extracção e manufactura, que descrevem os tipos de rochas utilizadas, tonalidades, fases da produção e dimensões mais correntes da calçada, passando depois a exemplificar as técnicas de aplicação e a referir elementos práticos importantes para uma boa confecção dos pavimentos e para o cálculo de custos.

A caracterização laboratorial dos materiais utilizados e a observância de especificações apropriadas assegura o controlo da qualidade da produção, indo assim ao encontro da satisfação das disposições europeias e das exigências dos consumidores.

The Portuguese Pavements, a worthy heritage of a kind of decorative art mainly of Greek-Roman origin, is widely used to pave pedestrian areas, streets, squares and other public or private spaces. Besides their functionality, the various decorative patterns made on the basis of chromatic contrast of stones give rise to works of significant aesthetic value, spread over every continent.

Designed to complement some already existing good photo and text works, the Portuguese Pavements Handbook aims at to deepen the current state of knowledge on the subject and to value this important manifestation of national culture and knowledge, with the desire to demonstrate the credibility of production and the capacity for implementation of works of quality, and so to be effective as a means to promote them.

Therefore, this Manual addresses specific aspects of the paving stones industry, a characteristically traditional activity in many regions of the country, including chapters on exploitation and manufacturing, e.g. the types of stones used, tonalities, production stages and size of the most current paving units, and then exemplifying the settlement techniques and providing important practical elements for constructing good pavements and for costs calculation.

The laboratorial characterization of materials and compliance with appropriate specifications ensures quality control of production, thus meeting the satisfaction of the European provisions and the customer requirements.



Direcção Geral
de Energia e Geologia

