

A CALÇADA COMPARADA A OUTRAS METODOLOGIAS DE PAVIMENTOS

JOSÉ LUÍS DA COSTA MIRANDA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Adalberto Quelhas da Silva França

JUNHO DE 2017

Versão para discussão

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Antes de mais, agradeço a todo o corpo docente da secção de Vias de comunicação pela sua disponibilidade e partilha incessante de conhecimento em especial ao professor Adalberto Quelhas da Silva França pela sua flexibilidade e disponibilidade na ajuda que proporcionou à finalização deste projeto.

Fica aqui um especial agradecimento à empresa *Barcelbrita* e seus colaboradores pela informação de custos inerentes à comercialização de agregados. Também agradeço à empresa *Revicalçadas* pela disponibilidade de informação sobre os custos de materiais e de mão-de-obra.

Em suma, de um modo geral agradeço a todos que de forma direta ou indireta permitiram a realização desta dissertação, que de certa forma é o encerramento do meu percurso académico.

RESUMO

Com o desenvolvimento de técnicas de pavimentos tais como os flexíveis, rígidos ou semirrígidos levou ao esquecimento da arte mais antiga de pavimentar: a calçada.

Pretende-se com este projeto demonstrar as potencialidades bem como limitações do uso da calçada em relação aos outros métodos disponíveis atualmente, de forma a definir condições ideais de uso.

Nesta dissertação procedeu-se a uma análise de custo real aproximada recorrendo-se a pedidos de cotação para fornecimento de agregados bem como pesquisas nos gastos com mão-de-obra e equipamento.

Esta dissertação tem como principal intenção evidenciar as vantagens da utilização de pavimentação em calçada, contribuir para a melhor utilização desta, para que este método de pavimentação seja cada vez mais usado.

PALAVRAS-CHAVE: pavimentação, calçada, custos, pavimentos, cubos.

ABSTRACT

With the development of pavement techniques such as flexible, rigid or semi-rigid pavements, it has led to the oblivion of the oldest art of paving: the sidewalk.

This project intends to demonstrate the potentialities as well as limitations of the use of the sidewalk in relation to the other currently available methods, in order to define ideal conditions of use.

In this dissertation, an approximate real cost analysis was carried out using requests for quotation for the supply of aggregates as well as researches on expenditures on labor and equipment.

This dissertation has as main intention to highlight the advantages of the use of pavement paving, contribute to the better use of this, so that this method of paving is increasingly used.

KEYWORDS: paving, sidewalk, costs, pavements, cubes.

ÍNDICE GERAL

| | |
|--|-----|
| AGRADECIMENTOS | i |
| RESUMO | iii |
| ABSTRACT | v |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. CONTEXTO | 1 |
| 1.2. OBJETIVO | 2 |
| 1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 2 |
| | |
| 2. CAPÍTULO 2 | 3 |
| 2.1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 2.2. CONSTITUIÇÃO | 3 |
| 2.2.1. Base granular | 3 |
| 2.2.2. Almofada de areia | 5 |
| 2.2.3. Camada de desgaste | 6 |
| 2.2.4. Blocação / geotêxtil / brita / drenos | 6 |
| 2.3. REFECHAMENTO DAS JUNTAS | 7 |
| 2.4. MÃO-DE-OBRA | 10 |
| 2.5. CORTE | 10 |
| 2.6. MEDIDAS <i>STANDARD</i> | 13 |
| 2.7. TIPOS DE ASSENTAMENTO | 14 |
| 2.7.1. Introdução | 14 |
| 2.7.2. Espinha | 14 |
| 2.7.3. Paralelo | 15 |
| 2.7.4. Leque | 16 |
| 2.7.5. Malhete | 17 |
| 2.8. RENDIMENTO | 18 |
| 2.9. FERRAMENTARIA E EQUIPAMENTO | 19 |
| 2.9.1. Martelo | 19 |
| 2.9.2. Pá | 20 |
| 2.9.3. Forquilha | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 2.9.4. Vassoura | 21 |
| 2.9.5. Carro de mão..... | 21 |
| 2.9.6. Retroescavadora | 22 |
| 2.9.7. Cilindro Vibratório..... | 22 |
| 2.9.8. Placa compactadora..... | 23 |
| 2.10. AVARIAS DA CALÇADA | 24 |
| 2.10.1. Desprendimento | 24 |
| 2.10.2. Desagregação da junta | 24 |
| 2.10.3. Movimento Horizontal..... | 25 |
| 2.10.4. “Bombagem” | 25 |
| 2.10.5. Rodeiras | 26 |
| 2.10.6. Assentamento | 26 |
| 2.10.7. Polimento | 26 |
| | |
| 3. OUTRAS METODOLOGIAS DE PAVIMENTOS | 29 |
| 3.1. INTRODUÇÃO | 29 |
| 3.2. FLEXÍVEL | 29 |
| 3.3. RÍGIDO | 31 |
| 3.4. SEMIRRÍGIDO..... | 31 |
| | |
| 4. CALÇADA VS OUTRAS SOLUÇÕES | 33 |
| 4.1. COMODIDADE RODOVIÁRIA | 33 |
| 4.2. ESTÉTICA | 33 |
| 4.3. FACILIDADE CONSTRUTIVA | 34 |
| 4.4. LIMPEZA | 35 |
| 4.5. DURABILIDADE..... | 36 |
| 4.6. CUSTO DE CONSTRUÇÃO | 36 |
| 4.7. REUTILIZAÇÃO | 37 |
| 4.8. IMPACTO AMBIENTAL | 38 |
| 4.9. TEMPO DE EXECUÇÃO | 38 |
| 4.10. ABERTURA DE VALAS..... | 38 |
| 4.11. TABELA CONCLUSIVA..... | 39 |
| 4.12. CONCLUSÃO | 39 |

| | |
|---|----|
| 5. ANÁLISE DE CUSTO | 41 |
| 5.1. INTRODUÇÃO | 41 |
| 5.2. CAMADA GRANULAR | 41 |
| 5.3. ALMOFADA DE AREIA | 43 |
| 5.4. CAMADA DE DESGASTE E BETUMAGEM | 44 |
| 5.5. MÃO-DE-OBRA E EQUIPAMENTOS | 45 |
| 5.6. PREÇO FINAL | 45 |
| | |
| 6. CONDIÇÕES IDEAIS DE UTILIZAÇÃO DA CALÇADA | 47 |
| 6.1. ZONAS HISTÓRICAS | 47 |
| 6.2. ZONAS RURAIS | 48 |
| 6.3. ACESSOS PARTICULARES E PASSEIOS | 48 |
| | |
| 7. ANÁLISE DE RESULTADOS E CONCLUSÕES | 51 |
| 7.1. ANÁLISE FINAL E CONCLUSÕES | 51 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig.2.1 – Ajudante de Laboratório a utilizar gama densímetro em aterro..... | 4 |
| Fig.2.2 – Material de granulometria extensa em estaleiro. | 4 |
| Fig.2.3 – Areão em estaleiro. | 5 |
| Fig.2.4 – Cubos de granito em estaleiro. | 6 |
| Fig.2.5 – Reprodução esquemática de um corte deste tipo de estrutura. | 7 |
| Fig.2.6 – Pequena pavimentação na freguesia de Estela com betumagem a pó de pedra. | 8 |
| Fig.2.7 – Operário fazendo o espalhamento da argamassa..... | 9 |
| Fig.2.8 – Operário a realizar a lavagem superficial dos cubos | 9 |
| Fig.2.9 – Calceteiros a assentar microcubo. | 10 |
| Fig.2.10 – Pedreira de extração de blocos graníticos | 12 |
| Fig.2.11 – Máquina de corte de pedra. | 12 |
| Fig.2.12 – Vários tamanhos de cubo..... | 13 |
| Fig.2.13 – Vista esquemática em planta do assentamento em espinha..... | 14 |
| Figura.2.14 – Pequeno arruamento com assentamento em espinha. | 15 |
| Figura.2.15 – Vista esquemática em planta do assentamento tipo paralelo..... | 15 |
| Figura.2.16 – Exemplo de um assentamento em paralelo num acesso particular. | 16 |
| Figura.2.17 – Vista esquemática em planta do assentamento em leque | 16 |
| Figura.2.18 – Calçada em leque presente na avenida dos aliados | 17 |
| Figura.2.19 – Vista esquemática em planta do assentamento tipo malhete..... | 17 |
| Figura.2.20 – Assentamento tipo malhete..... | 18 |
| Figura.2.21 – Martelo usado pelo calceteiro. | 19 |
| Figura.2.22 – Pá com cabo metálico. | 20 |
| Figura.2.23 – Forquilha para uso apenas no microcubo..... | 20 |
| Figura.2.24 – Vassoura utilizada nas calçadas..... | 21 |
| Figura.2.25 – Carro de mão. | 21 |
| Figura.2.26 – Exemplo de uma retroescavadora (marca:jcb / modelo:1cx)..... | 22 |
| Figura.2.27 – Exemplo de um cilindro vibratório. | 23 |
| Figura.2.28 – Exemplo de uma placa compactadora..... | 23 |
| Figura.2.29 – Esquema de desprendimento (Vista aérea)..... | 24 |
| Figura.2.30 – Esquema de desagregação da junta (corte). | 25 |
| Figura.2.31 – Esquema do movimento horizontal (vista aérea)..... | 25 |

| | |
|--|----|
| Figura.2.32 – Esquema da “bombagem” (corte) | 26 |
| Figura.2.33 – Esquema de rodeiras (corte) | 26 |
| Figura.2.34 – Esquema de assentamento (corte) | 26 |
| Figura.2.35 – Esquema do polimento (corte) | 27 |
| Figura.3.1 – Realização de espalhamento da camada de desgaste | 30 |
| Figura.4.1 – Exemplo de uma figura executada com cubos 7/9. | 34 |
| Figura.4.2 – Execução de pavimentação em calçada de uma berma. | 35 |
| Figura.4.3 – Exemplo de um veículo construído para limpeza urbana..... | 36 |
| Figura.4.4 – Pavimentação em cubos recuperados de uma antiga estrada com refechamento a argamassa..... | 37 |
| Figura.4.5 – Execução de uma abertura de vala em calçada..... | 38 |
| Figura.5.1 – Camião a carregar material de granulometria extensa..... | 42 |
| Figura.6.1 – Igreja românica de Rates e sua calçada em redor. | 47 |
| Figura.6.2 – Caminho rural sendo sujeito a abertura de vala para conduta de águas pluviais | 48 |
| Figura.6.3 – Exemplo de uma sigla realizada com cubos..... | 49 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 – Tabela dos rendimentos dos diferentes materiais | 18 |
| Tabela 4.1 – Tabela comparativa calçada vs. betão vs. betuminoso. | 39 |

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

Desde a antiguidade, com o crescimento da população e suas exigências, ocorre a necessidade de se fazerem deslocar pela via terrestre de pessoas, bens e veículos de forma rápida e cômoda. Desta forma há a necessidade da construção de estradas de forma a colmatar esta necessidade. Assim, os Romanos construíram os primeiros troços de calçada romana há séculos atrás descobrindo as potencialidades da calçada romana e desta forma criaram ligações terrestres por toda a europa, sendo uma obra de engenharia civil incrível dada a época. As técnicas de construção e metodologias adotadas eram de tal forma eficazes que muitas das vias de comunicação construídas naquele tempo permanecem até aos dias de hoje perfeitamente circuláveis.

Dessa época até aos dias de hoje várias soluções têm sido pensadas da melhor forma a cumprir o melhor desempenho para a sua função de mobilidade. Uma estrada para criar boas condições de circulação necessita da construção de um pavimento, isto é uma estrutura laminar, estratificada e em apoio sobre uma fundação compactada. Ao longo dos anos têm sido desenvolvidos vários tipos de pavimentos sendo os mais utilizados os rígidos, semirrígidos, flexíveis e as calçadas. São estas soluções que permitem boas condições de circulação, mas também degradar as cargas a que estão sujeitas até á fundação. Devido a esta variedade de soluções é importante estudá-las e compará-las pois nenhuma é a melhor nem a pior, pode é ser a que melhor se ajusta ao problema existente.

Devido ao aumento das exigências, do melhoramento dos materiais e da forma de aplicação existe uma necessidade de estudar qual a melhor solução para o nosso problema de forma a equilibrar o custo sem comprometer a segurança, comodidade e durabilidade tal como outros tipos de construção.

Contudo, materiais e métodos construtivos mais antigos foram caindo em desuso, por razões de operacionalidade, custo e competências dos construtores. Hoje, numa fase de intensa reabilitação urbana, com um reaparecimento de velhas metodologias o que faz crescer o interesse de seu estudo. Entre várias metodologias vai fazer-se aqui um estudo mais cuidado da antiga calçada de cubos (ou paralelepípedos).

1.2. OBJETIVO

Esta investigação tem como alcance os pontos fortes e fracos da utilização da calçada relativamente a outras soluções modernas e atualmente disponíveis no ramo das pavimentações de forma a valorizar uma “arte”, caída em desuso, mas com potencial para certas utilizações. Desde muito cedo que se verificou a capacidade da calçada, mas com novos materiais e outras formas de construção sobrepuseram-se a esta metodologia ficando esta um pouco no esquecimento.

A análise de custos aproximados é importante para ter a noção do preço associados a esta solução e quando solicitados a uma pavimentação conseguir uma análise crítica verificando se é viável este tipo de metodologia ou não.

Nesta dissertação são enunciadas medidas complementares de pavimentação em calçada que ajudam a compreender os materiais usados na sua visão global, incluindo a sua resposta às condições de uso, aplicação e de reutilização. Na base desta dissertação tem por principal objetivo uma análise comparativa multicritério entre a calçada e outras soluções.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se dividida em sete grandes capítulos.

Neste primeiro capítulo, corresponde a um capítulo introdutório onde se faz uma pequena alusão ao tema em estudo, com pouca especificidade e indica-se os objetivos fulcrais da dissertação.

O segundo capítulo, destina-se ao desenvolvimento do tema “Calçada”, onde se pretende definir este tipo de metodologia de pavimentos em que se desenvolve vários pormenores do seu processo construtivo.

Já no terceiro capítulo apresentam-se outras metodologias de pavimentos, onde se pretende uma breve explicação da composição de outras metodologias de pavimentos usados atualmente;

No quarto capítulo faz-se uma análise de custo, isto é, apresenta-se uma análise comparativa de um hipotético arruamento.

No quinto capítulo faz-se uma análise comparativa da entre a construção de vias de comunicação em calçada e outros métodos construtivos usados atualmente, tentando evidenciar as vantagens da utilização da calçada.

No capítulo número seis faz-se uma apresentação de quais as zonas em que as calçadas sobrepõem no enquadramento em relação a outras soluções de pavimentos;

No sétimo e último capítulo, faz-se uma análise dos resultados obtidos e apresentam-se as conclusões dos mesmos.

2

CALÇADA

2.1. INTRODUÇÃO

A calçada pode definir-se como um conjunto de camadas estratificadas com espessuras variadas em que a camada de desgaste é um conjunto de cubos, paralelos ou blocos de pedra perfeitamente arranjados de forma a criar uma superfície o mais homogênea possível com declives transversais que permitam assegurar uma eficiente drenagem superficial de forma a não comprometer a segurança dos utilizadores mas também dificultar a infiltração da água para os solos de fundação aumento assim o tempo de vida do pavimento.

Todos nós já percorremos sobre esta metodologia, mas poucos se refletem de como nasceu e como se desenvolveu esta “arte” portuguesa e como se estendeu até aos dias de hoje. Esta solução remonta aos pioneiros das vias terrestres, já que os romanos já contruíam estruturas estratificadas com pedras de vários calibres tendo lajetas de médias dimensões. A calçada foi desenvolvida pelos portugueses num passado mais recente fruto de uma reformulação da construção romana. Com esta reformulação foi possível construir milhares de quilómetros em Portugal muitos dos quais já removidos e outros cobertos com betão betuminoso.

Contudo com o surgimento de novas metodologias aliada a problemas de escassez de mão-de-obra bem como o grande desafio da exploração este é um método um pouco esquecido, mas que poderemos ver o seu potencial. Atualmente é um método pouco utilizado mas muito apreciado em todo o mundo.

2.2. CONSTITUIÇÃO

2.2.1. BASE GRANULAR

Os pavimentos em calçada, tal como em qualquer pavimento, devem transmitir as cargas a que estão sujeitas para as fundações. Daí que sejam constituídos por uma base granular, mais ou menos espessa, dependendo das características mecânicas da fundação bem como das cargas do tráfego a que estará sujeita ao longo do período de vida do pavimento.

A degradação da carga é feita por esta camada logo existe o interesse de construção de uma camada extremamente compacta de forma a conseguir valores de resistência aceitáveis. Esta camada compacta só é possível realizar-se com um material britado de granulometria extensa (ver figura 2.2) que após compactação resultará numa camada com índice de vazios baixos. Normalmente é usado um material britado com o calibre entre os 0mm e os 35mm (MGE 0/35) que após espalhado deve ser perfeitamente compactado de forma atingir o mínimo de vazios possíveis e obtermos uma base de excelente resistência. Nesta camada dever-se-á proceder ao cálculo do teor de água do material antes da compactação de forma

a utilizar uma rega, se este valor estiver abaixo do teor de água ótimo (obtido em laboratório) ou no caso de este valor ser maior, esperar pelas condições climáticas favoráveis para uma evaporação permitindo desta forma um abaixamento do teor de água. A compactação dever-se-á ser estudada de forma a usar um cilindro adequado ao material usado, realizar a espessura das camadas a compactar recomendada bem como ao número de camadas a realizar.

De facto, por vezes no sentido de fiscalização dos trabalhos é feita uma verificação do peso volúmico da camada após compactação, através de ensaios em obra. O objetivo desta fiscalização é evitar ao máximo falhas pois qualquer anomalia reproduz problemas futuros no desempenho da estrutura. Caso verifique-se uma anomalia no valor do peso volúmico é sinal que existiu uma deficiente energia de compactação e ou uma falha na afinação do teor de água.



Figura 2.1 – Ajudante de Laboratório a utilizar gama densímetro em aterro.

(fotografia do autor)



Figura 2.2 – Material de granulometria extensa em estaleiro.

(fotografia do autor)

2.2.2. ALMOFADA DE AREIA

Sobre a base granular é espalhada uma pequena camada de areia de menor importância não sendo relevante a sua granulometria bem como a sua origem uma vez que esta tem apenas como função o assentamento dos cubos/paralelos. Por norma é utilizada uma areia de menor custo, na maioria das vezes que está o mais próximo da obra uma vez que não existem exigências estruturais para este material. Muitas vezes opta-se em vez de areia, pelo uso de pó de pedra para que este material seja de assentamento, mas também sirva de material de refechamento das juntas uma vez que areia não serve para refechamento tal como explicado em 2.3. Assim, otimiza-se o processo produtivo, facilitando a logística de materiais bem como facilidade de execução.

Na realidade nos últimos anos as empresas de pavimentação têm optado pela utilização de um material granular de calibre 2/5 (ver figura 2.3), designado vulgarmente por areão, para assentamento da calçada devido às vantagens da sua utilização. Uma vez que este material estará em contacto com água, devido a estar sujeito à precipitação tanto em *stock* no estaleiro como em obra durante o tempo de construção corre-se menos risco do material ficar não conforme para utilização em obra. No areão, ao contrário da areia ou pó de pedra, não existe praticamente alteração do teor de água o que não trará alteração nas características físicas evitando assim problemas durante o assentamento. A areia ou pó quando é sujeita a precipitação intensa e daí aumentar de forma significativa o teor de água resulta assim um material pastoso vulgarmente designado em língua corrente por “empapada” dificultando assim o processo construtivo. Como outra vantagem tem o facto de que quando é realizado um refechamento de juntas em argamassa existe uma maior penetração deste material nas juntas uma vez que esta argamassa penetra entre os grãos do areão resultando assim numa maior espessura de material coeso levando a maiores resistências. Devido a este facto anteriormente explicado leva como é óbvio a uma maior quantidade de argamassa gasto por unidade de área daí um pequeno aumento de custo. Quando pedimos cotação às pedreiras para fornecimento de areão, este possui um preço mais elevado por cada tonelada, mas na verdade a diferença de preço é muito baixo pois a baridade é muito menor e numa análise volúmica os preços até são muito semelhantes. Esta falta de conhecimento das vantagens do uso do areão leva muitas vezes ao esquecimento e por vezes a não utilização.

A espessura desta camada é aceitável entre os 4 cm e os 6 cm. O não cumprimento deste intervalo de valores pode conduzir a várias avarias do pavimento como se analisa em 2.10. Valores maiores que 6cm podem provocar o assentamento ao longo do tempo do pavimento e comprometer o normal tráfego. Por outro lado, a violação deste valor por defeito dificulta o assentamento dos cubos.



Figura 2.3 – Areão em estaleiro.

(fotografia do autor)

2.2.3. CAMADA DE DESGASTE

A camada de desgaste é a camada mais à superfície do pavimento sendo esta que recebe diretamente as cargas do tráfego. Esta camada tem por objetivo garantir boas condições de circulação, isto é ter a capacidade de circulação segura e confortável e compatível com os veículos que nela circulam. A característica fundamental desta camada é possuir níveis de aderência aceitáveis para acelerações e travagens.

Esta camada pode ser constituída por cubos ou paralelepípedos dependendo da sua forma de rocha granítica ou em alguns casos calcária. Na atualidade também podem ser usado blocos pré-fabricados de betão que permitem usar o mesmo método construtivo tendo outro desempenho estético devido à facilidade de produzir peças de diversas formas (retangulares, quadradas, hexagonais, ...) mas também de diversas tonalidades.

Em zonas pedonais uma vez que os níveis de aderência não são de tanta exigência bem como o desgaste do tráfego é bem menor também se utilizam cubos de rocha calcária. Os cubos de rocha calcária são muitas vezes usados em parques de estacionamento de forma a delinear marcas rodoviárias, sendo uma marca permanente enquanto noutros tipos de pavimentos estas marcas são pintadas necessitando assim de uma manutenção, ocasionalmente.



Figura 2.4 – cubos de granito em estaleiro.

(fotografia do autor)

2.2.4 BLOCAGEM / GEOTÊXTIL / BRITA / DRENOS

O solo de fundação não é aquele que desejamos, mas sim aquele que a natureza produziu ao longo dos milhares de anos. Desta forma em certas situações estamos perante solos de fundação de muita fraca qualidade sobre o ponto de vista de comportamento estrutural impossibilitando assim a construção do pavimento apenas com a camada granular de granulometria extensa. Assim sendo quando estamos perante este cenário é necessário a colocação, abaixo da camada granular de blocos rochosos de grandes dimensões, variando entre os 15 e 40 centímetros. Este processo de colocação designa-se por blocagem. No entanto para não ocorrer a subida de finos do solo de fundação é aplicado um geotêxtil fazendo uma boa separação da blocagem/solo de fundação. Com este método construtivo verifica-se um aumento de rigidez das camadas levando assim a uma maior degradação de carga conduzindo a um solo de fundação

com menor solicitação conduzindo a maiores resistências do pavimento como também o aumento da sua durabilidade.

Em situações de arruamentos de maior inclinação, na estrutura deverá ser acrescentado uma camada de brita acompanhada de tubos drenantes de forma a recolher a água existente. Sendo os arruamentos inclinados propícios a uma desfragmentação do piso quando existe presença de água, se nas suas camadas inferiores fazer-se a aplicação da brita, a drenagem facilmente se realiza e com aplicação de tubos drenantes protegidas das cargas que vai permitir que a água que se introduz nesta camada possa ser recolhida e conduzida para a rede de águas pluviais.



Figura 2.5 - Reprodução esquemática de um corte deste tipo de estrutura.

2.3. REFECHAMENTO DAS JUNTAS

Entre os cubos justapostos após assentamento ficam pequenos espaços em que é necessário preencher de forma a impossibilitar qualquer movimento dos cubos. Desta forma dá-se a necessidade de proceder a um processo designado por refechamento das juntas. Este refechamento pode ser feito em pó de pedra, sendo o mais comum, mas por vezes em passeios ou acessos privados numa tentativa de aumento de resistência bem como melhoria da qualidade no desempenho do pavimento este refechamento pode ser

executada com argamassa. Embora muitas empresas de aplicação de calçada executam o refechamento com areia este tipo de material não é de todo o ideal para refechamento uma vez que na sua constituição granulométrica não contém finos, o que não permite coesão dos grãos levando assim a uma desagregação futura das juntas. Com o preenchimento das juntas com argamassa temos como principal vantagem a facilidade de lavagem do pavimento uma vez que com o refechamento a pó de pedra com ação de jatos de água leva a uma desagregação deste material das juntas ao contrário da argamassa que como possui coesão não há desprendimento. Por outro lado, em zonas pedonais ou de tráfego de pouca intensidade com o uso de argamassa impossibilita o crescimento de ervas daninhas que nas juntas poderá germinar diminuindo assim os custos de limpeza às autoridades municipais.

A betumagem com pó de pedra é um processo de muito fácil execução, é apenas o espalhamento do pó e com ajuda de uma vassoura realizar o seu espalhamento na tentativa de preencher todo e qualquer espaço em vazio. Por sua vez a betumagem em argamassa já exige maior custo tanto pelo uso do material (areia e cimento) como da exigência da mão-de-obra. Esta betumagem é feita através do espalhamento de uma argamassa com a razão de água cimento elevada de forma a facilitar o embeбimento da mesma nos vazios. Após conclusão da mesma é feita uma lavagem superficial dos cubos de modo a remover apenas a argamassa da superfície dos cubos ficando as juntas cheias.



Figura 2.6 - Pequena pavimentação na freguesia de Estela com betumagem a pó de pedra.

(fotografia do autor)



Figura 2.7 – Operário fazendo o espalhamento da argamassa.

(fotografia do autor)

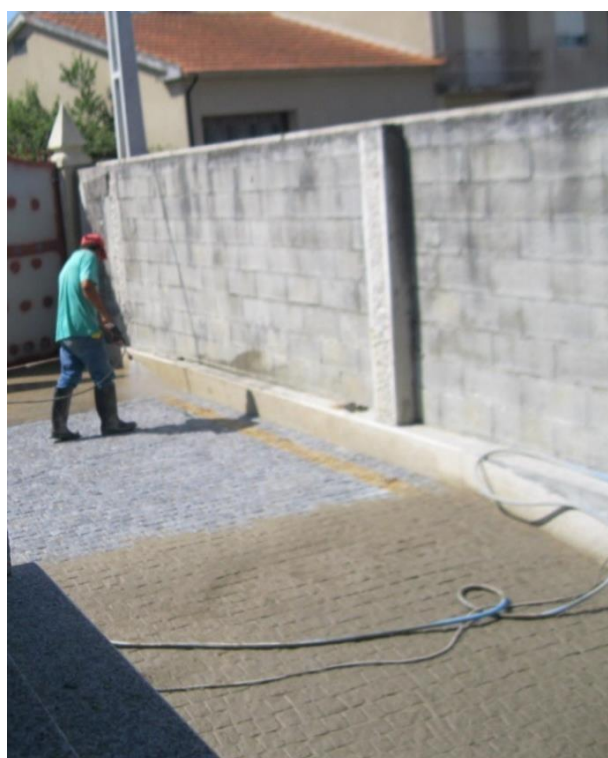


Figura 2.8 – Operário a realizar a lavagem superficial dos cubos.

(fotografia do autor)

2.4. MÃO-DE-OBRA

Como qualquer método construtivo desenvolvido pela engenharia civil, para a passagem da teoria e o seu projeto à prática, ou seja, à sua realização em obra só é possível com ajuda de pessoas afetas às diversas atividades. É de realçar que a calçada exige muita mão-de-obra uma vez que a colocação dos cubos é feita manualmente.

Os operários que com a utilização de martelos conseguem o sucessivo assentamento dos cubos são designados por calceteiros. Sendo esta atividade árdua tal como outras atividades da construção e com a diminuição do uso da calçada nos nossos arruamentos ocorreu um abaixamento significativo da oferta deste tipo de mão-de-obra. Por outro lado, com o desenvolvimento económico do país levando consigo a um aumento das habilitações das gerações mais novas fez com que a mão-de-obra juvenil que até então dava uma grande oferta para este tipo de atividades e também outras atividades relacionadas com a construção, na atualidade é praticamente inexistente contribuindo assim para um défice de trabalhadores afetos ao assentamento da calçada.

É de realçar a dificuldade que exige o assentamento dos cubos ou paralelepípedos numa análise numérica verifica-se que um cubo tem vinte e quatro formas diferentes de assentamento sendo as suas seis faces podendo ser rodada quatro vezes no entanto no caso dos paralelepípedos verifica-se oito formas sendo as quatro faces retangulares podendo cada face ter duas posições.



Figura 2.9 – Calceteiros a assentar microcubo.

(fotografia do autor)

2.5. CORTE

Tal como facilmente é compreendido na natureza não existem cubos de granito prontos a utilizar diretamente em obra. É necessário produzir a sua forma e desta maneira é necessário a exploração da matéria-prima (granito/calcário) e proceder ao seu corte. Como é óbvio este processo leva a grandes custos em equipamentos como de mão-de-obra daí o elevado custo dos cubos. Embora o fabrico dos

cubos/paralelepípedos no passado fosse totalmente manual, na atualidade esta exploração é muito mais mecanizada exigindo, no entanto algum árduo trabalho manual.

Sendo Portugal um país composto predominantemente por rocha granítica existem espalhadas pelo país diversas pedreiras extrativas de granito havendo bastante oferta deste material. A extração é feita em grandes blocos como pode ser visto na figura 2.10 abaixo descrita, que são transportados até a indústrias transformadoras do granito, em alguns casos na própria pedreira em outras situações isoladas da pedreira da extração. Após o transporte dos blocos estes são fragmentados em menores blocos de forma a ser viável o seu transporte manual e levado até às máquinas de corte hidráulicas que permitem a sua fragmentação nas formas e medidas desejadas. É de grande importância citar que nas pedreiras extrativas para fabrico de cubos existe interesse em executar num maciço granítico com as características visuais constantes ou muito pouco variáveis para que durante a aplicação dos cubos em obra resulte uma superfície homogénea não tirando assim o valor estético da calçada. Tal como é de conhecimento geral as características visuais do granito mudam de zona para zona como tal as diferentes tonalidades da pedra é designado pela zona de origem, por exemplo amarelo Mondim, azul Vila Real, rosa Porrinho.

Na atualidade diversos países da Europa reconhecem os potenciais deste método de pavimentar pois verifica-se um intenso fabrico de cubos para exportação. Este transporte é executado sempre por via marítima devido ao seu custo baixo, sendo executado de diversas formas tais como sacos, caixas de madeira ou até a granel.

Durante o processo de corte resulta como material sobranter pequenos fragmentos de rocha podendo estes ser britados e aproveitados para a camada granular. Assim sendo pode-se considerar um processo sem resíduos sobranter.

O calcário é menos explorado que o granito já que as suas características só permitirem executar passeios ou marcas rodoviárias ou seja resultando numa menor procura deste material. A transformação do calcário já é feita manualmente com ajuda de um martelo uma vez que devido as suas características o corte é muito simples.



Figura 2.10 – Pedreira de extração de blocos graníticos.
(fotografia do autor)



Figura 2.11 – Máquina de corte de pedra.
(fotografia retirado de socubos.pt)

2.6. MEDIDAS STANDARD

Como qualquer material usado na construção civil há uma tentativa de uniformização das dimensões dos materiais de forma a existir uma maior oferta de materiais. Por outro lado, material sobrando de uma dada obra de um dado fornecedor poderá ser utilizado numa outra obra de outro fornecedor fazendo com que as perdas de materiais sejam diminutas ou nulas. A calçada não é exceção ao longo dos anos foi desenvolvido para os pavimentos cubos de três medidas *standard* além dos paralelepípedos.

Os paralelepípedos possuem a medida 10x10x20, mas logicamente que estas medidas não são exatas, havendo uma tolerância de um centímetro quer por defeito quer por excesso, em todas as direções. Esta tolerância deve vir explícita na ficha técnica do produto.

No caso dos cubos é executado o corte estandardizado nas medidas 9/11, 7/9 e 4/6 podendo este último ser designado por microcubo. Cada medida tem o seu uso corrente visto que a sua resistência axial é diferente. Por vezes quando não existe exigências da resistência a escolha do tamanho do cubo a aplicar é subjetiva à escolha do projetista aliada à forma e dimensões da zona a pavimentar.

Com esta designação facilmente sabemos as suas dimensões por exemplo um cubo 9/11 significa que as suas arestas compreendem a medida entre 9 e os 11 centímetros. É lógico que quanto maior o seu calibre maior a sua resistência às cargas a que estão sujeitas, assim sendo os paralelepípedos e os cubos 9/11 são usados em arruamentos com tráfego motorizado, no caso do cubo 7/9 é utilizado em pequenos acessos privados e por fim como alternativa o microcubo é predominantemente usado em passeios uma vez que as cargas são muito menores. O microcubo foi criado numa tentativa de diminuição de sobras durante o corte, ou seja, durante o processamento dos blocos graníticos pequenas peças que não fariam as maiores medidas, iriam ser desperdiçadas se não fosse utilizada e daí aumentariam e muito os resíduos da pedreira.

É importante realçar que as medidas dos cubos 7/9 e o 4/6 deverão ser sempre sujeitos a um refechamento de juntas com argamassa dado às suas dimensões serem reduzidas, assim para um bom desempenho e de forma a evitar problemas futuros só com esta condição se verifica.



Figura 2.12 – Vários tamanhos de cubo.

(fotografia do autor)

2.7. TIPOS DE ASSENTAMENTO

2.7.1. INTRODUÇÃO

Uma vez que os cubos são assentes um a um poderemos colocá-los de várias formas e daqui diversificar os tipos de assentamento. Tal como é lógico o tipo de assentamento influencia o rendimento da mão-de-obra o que diretamente influenciará o seu custo. Ao longo dos anos foram desenvolvidos vários tipos de assentamentos tendo os seus pontos fortes e outros menos favoráveis tendo sido discutidos nos subcapítulos seguintes detalhadamente expostos. Desta forma os principais tipos de assentamento são em espinha, paralelo, leque e malhete.

2.7.2. ESPINHA

Este tipo de assentamento designado em assentamento em espinha tal com o nome indica refere-se a um assentamento em fiadas em que estas formam um “v” fazendo um ângulo reto entre os dois alinhamentos de forma à sua interseção resultar num cubo que alinha nas duas direções. Estas fiadas são feitas sucessivamente paralelas sendo um paralelismo de vários “v” ficando no seu centro um conjunto de cubos alinhado nos pelas suas diagonais. Neste tipo de assentamento é necessário o corte de cubos na sua diagonal de forma a contemplar a forma nas bermas contra os lancis dos passeios sendo este um desvio de 45 graus tal como verificamos na figura 2.13.

Este tipo de assentamento é o mais utilizado em arruamentos de tráfego motorizado uma vez que a sua forma facilita a construção da pendente transversal bem como existe uma maior resistência às tensões tangenciais, uma vez que o tráfego rodoviário com as acelerações e travagens provoca tensões com orientação diferida da orientação das juntas.

O sentido da forma em espinha está diretamente relacionado com a inclinação longitudinal como enuncia na figura abaixo isto é o vértice deve ser colocado nos pontos de cota mais alto já que essa posição favorece o afastamento das águas das intempéries a que o pavimento está sujeito para a berma ou lancil de passeio para aí ser conduzida a pontos de recolha.

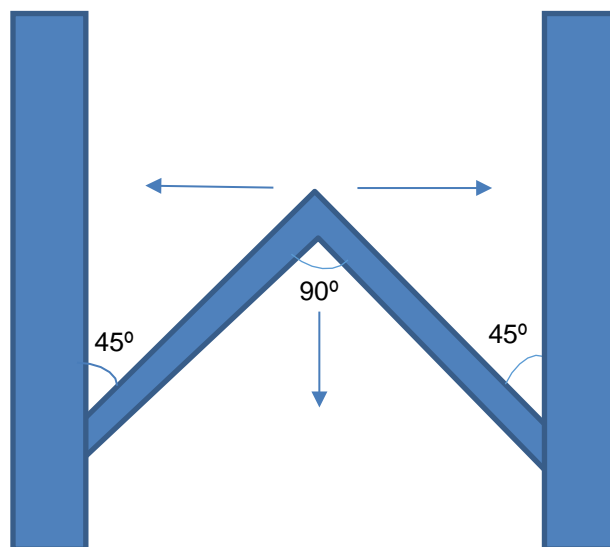


Figura 2.13 – Vista esquemática em planta do assentamento em espinha.



Figura 2.14 – Pequeno arruamento com assentamento em espinha.

(fotografia do autor)

2.7.3. PARALELO

Tal como o nome indica todas as fiadas ficam paralelas umas às outras de forma transversal ao eixo da estrada ou passeios. Este tipo de assentamento é usado em passeios uma vez que não é relevante o declive transversal e o seu assentamento torna-se muito mais fácil. Ao contrário do assentamento em espinha, este assentamento não é necessário o corte da pedra, já que todos os cubos se encaixam neste modo de assentamento como se comprova na figura 2.15.

Uma das desvantagens deste modo de assentamento é a diminuição da resistência às acelerações e travagens dos veículos uma vez que a posição dos cubos relativamente ao sentido do tráfego favorece o desprendimento podendo resultar num efeito tipo dominó. Dado este facto este tipo de assentamento verifica-se principalmente em pequenos acessos. Com o refechamento das juntas em argamassa esta problemática da menor resistência tangencial é um fator suavizador, mas não o suficientemente aceitável e no sentido de uma maior compensação neste tipo de assentamento é imposto um desfaseamento das juntas longitudinais como poderá se confirmar na figura 2.16.

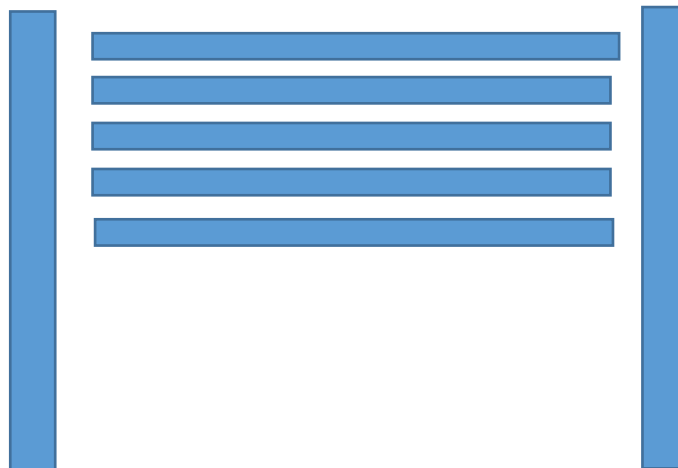


Figura 2.15 – Vista esquemática em planta do assentamento do tipo paralelo.



Figura 2.16 - Exemplo de um assentamento em paralelo num acesso particular.

(fotografia do autor)

2.7.4 LEQUE

Este tipo de assentamento é de maior dificuldade pois nenhum cubo se alinha, é feito um assentamento rodado criando a ilusão de um leque. É um método pouco utilizado pela sua dificuldade de assentamento e devido à sua demora, que acarreta um custo de mão-de-obra elevadíssimo.

Esta forma de colocação é dificultada pela uniformização da pedra já que quanto mais a sua forma cúbica se aproximar mais difícil será moldar as rotações impostas por este assentamento.

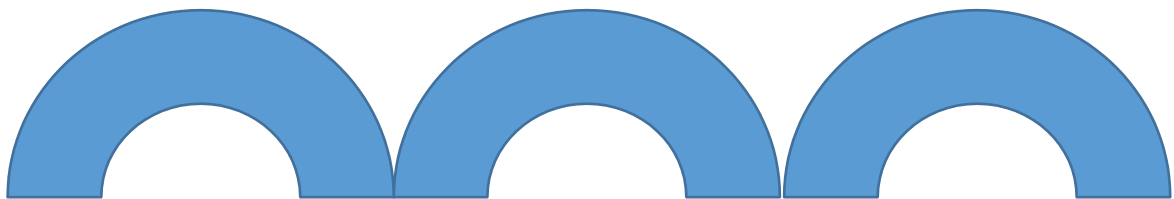


Figura 2.17 – Vista esquemática em planta do assentamento em leque.



Figura 2.18 – Calçada em leque presente na avenida dos aliados.

(fotografia do autor)

2.7.5 MALHETE

Este tipo de assentamento é aquele que usa pedras de várias dimensões e são assentadas de forma aleatória apenas com intuito de criar uma superfície empedrada tentando sempre criar as juntas o mais estreitas possível. É uma forma de aplicação da pedra usado muitas vezes para usar os desperdícios de pedra defeituosas da fabricação e ou de outros tipos de assentamento.

Sendo esta colocação que aproveita bem o material rochoso pois resulta de restos da fabricação e ou peças defeituosas e face a aleatoriedade da sua posição levando também a um aumento no rendimento da mão-de-obra leva, portanto a um abaixamento do seu custo. No entanto com esta orientação, existe na verdade um aumento do material de refechamento uma vez que suas juntas aleatórias são maiores.

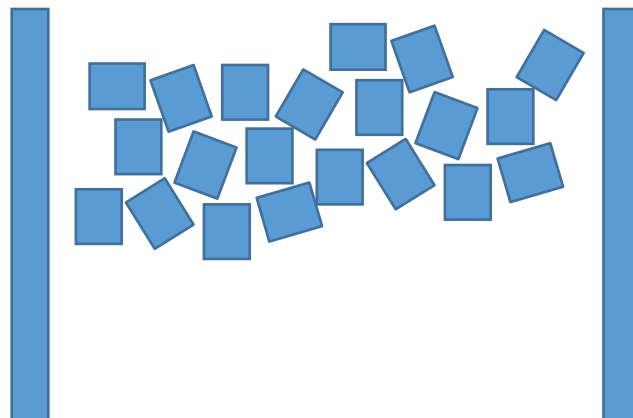


Figura 2.19 – Vista esquemática em planta do assentamento tipo malhete.



Figura 2.20 - Assentamento tipo malhete.

(fotografia do autor)

2.8. RENDIMENTO

O estudo dos rendimentos dos materiais é, por vários motivos, de elevada importância em todas as tarefas desenvolvidas pela engenharia civil. Por um lado, para uma análise de custo e no caso dos pavimentos é necessário estudar qual a quantidade de material preciso para uma dada área de forma a proceder o cálculo dos gastos. Em outra visão e de igual forma importante é de interesse saber quais as quantidades gastas devido à logística inerente à pavimentação tanto no transporte, armazenamento como encomenda e fabrico.

Na calçada todos os materiais são variáveis pois para diferentes casos temos diferentes espessuras de camada e apenas temos uma constante, a camada de desgaste. Desta forma e para melhor compreensão dos rendimentos é apresentado em tabela os rendimentos dos cubos de granito. Esta tabela permite transformar o peso (toneladas) ou número de unidades dos cubos em metros quadrados realizados não sendo valores exatos, mas sim valores médios uma vez que os cubos são irregulares e o seu assentamento pode variar também com o operário levando a uma variação diminuta do rendimento.

| Medida | Unidades/m ² | Rendimento/tonelada |
|-----------------|-------------------------|---------------------|
| 9/11 | 75 | 5m ² |
| 7/9 | 135 | 7m ² |
| 4/6 | 280 | 10m ² |
| Paralelepípedos | 45 | 4m ² |

Tabela 2.1 – Tabela dos rendimentos aproximados dos diferentes materiais.

Quanto a nível de rendimentos de mão-de-obra não existe valor fixo, pois depende do tipo de assentamento, do tamanho dos cubos, do tipo de refechamento e de certa forma da exigência do rigor de assentamento. No entanto para análise de custo não é importante uma vez que esta atividade é realizada por um custo por área, ou seja, trabalhadores afetos ao assentamento são pagos por um valor em função de cada metro quadrado realizado. Tal como é lógico este valor é variável dependendo do tipo de assentamento, do tamanho dos cubos, do tipo de refechamento. É facilmente entendido que quanto mais pequeno for o cubo menor será o rendimento do calceteiro, isto é, este assentará menos metros quadrados por unidade de tempo do que com cubo maior. Ou seja, o custo da mão-de-obra será inversamente proporcional ao tamanho da pedra.

2.9. FERRAMENTA E EQUIPAMENTO

A calçada sendo um tipo de pavimento já antigo utiliza ferramentas rudimentares não necessitando ferramenta com elevado grau de complexidade. Durante o assentamento apenas é necessário o martelo e fios para alinhamento das fiadas. Durante o processo de betumagem apenas necessita de um carro de mão, pá e uma vassoura para espalhamento do material. Quanto a maquinaria é usado a retroescavadora e o cilindro tandem. A retroescavadora é usada para espalhamento da camada granular bem como da areia e também mover os cubos, por sua vez o cilindro vibratório permite compactar a camada granular, mas também compactar os cubos e assim realizar uma refinação da superfície.

2.9.1 MARTELO

O martelo sendo uma ferramenta utilizada para a maioria das atividades aliadas à construção civil, na calçada não é exceção. Possui, conforme a medida do material a usar na camada de desgaste, inúmeros tamanhos e formatos, tendo todos a característica comum do formato, que consiste de um cabo ao qual se fixa a cabeça através do alvado ou olho. No lado oposto da cabeça, designado por orelha é composto por uma forma do tipo gota de água de forma a facilitar a trabalhabilidade da almofada de areia. O uso do martelo permite basicamente amplificar a força do operário que serve para converter o trabalho mecânico em energia cinética e pressão nos cubos ou paralelepípedos.



Figura 2.21 - Martelo usado pelo calceteiro.

(fotografia do autor)

2.9.2 Pá

A pá é a ferramenta que surge em todo e qualquer tipo de trabalho que utiliza materiais a granel. Basicamente a pá é um utensílio com um cabo que pode ser metálico ou de madeira conjugado na sua ponta com uma forma metálica desenhada de forma arredondada de forma a melhor penetrar os materiais que pretendemos encher ou mover. Na calçada é utilizada permanentemente desde o espalhamento do material granular em pequenas afinações não possíveis com a retroescavadora e também durante o espalhamento da almofada de areia verifica-se a mesma situação. Durante o assentamento o excesso de areia ou a falta dela necessita da pá para a sua remoção ou enchimento. Para finalização no refechamento das juntas verifica-se a utilidade durante o espalhamento no caso do pó de pedra ou ainda se o refechamento for executado a argamassa para o seu fabrico fazendo o enchimento da areia para a betoneira.



Figura 2.22 - Pá com cabo metálico.

(fotografia do autor)

2.9.3 FORQUILHA

Esta ferramenta apenas é usada durante o assentamento de cubos de medida 4/6. De uma forma simples esta ferramenta é composta por um cabo de madeira com um conjunto de dentes em aço todos ligados. Esta ferramenta é utilizada para movimentar os microcubos, obtemos assim maiores rendimentos de produção visto que devido ao tamanho dos cubos facilmente os dentes penetram entre o conjunto de cubos e num só movimento dezenas de unidades são movimentadas.



Figura 2.23 - Forquilha para uso apenas no microcubo.

(fotografia do autor)

2.9.4 VASSOURA

Uma vassoura é um utensílio que basicamente é composto por um cabo reto de madeira ou metálico com cerdas de plástico distribuídas uniformemente numa secção retangular. Ela é utilizada para varrer o pó de pedra ou argamassa colocada na superfície de forma a preencher todas as juntas. Também é usada para executar os trabalhos de limpeza finais, para entrega da obra limpa.



Figura 2.24 - Vassoura utilizada nas calçadas.

(fotografia do autor)

2.9.5 CARRO DE MÃO

O carro de mão sendo uma caixa metálica com um pneumático, é pensado como utensilio de fácil enchimento, sendo também de fácil movimento. É utilizado para mover os cubos e a areia durante a fase de assentamento. Durante a fase de betumagem também pode ser uma ferramenta útil para movimentar o pó de pedra ou a argamassa.



Figura 2.25 - Carro-de-mão.

(fotografia do autor)

2.9.6 RETROESCAVADORA

A retroescavadora é de forma simplista um veículo com grande força e poder de tração que é constituído por uma pá na parte da frente de largura igual à sua estrutura bem como na parte da traseira por uma pá de menor volume. Na atualidade existem variadíssimas marcas e modelos associados a este tipo de equipamento sendo as mais usuais no nosso país a caterpillar, jcb e komatsu. Com a pá frontal facilmente é preenchido o terreno com material granular para as cotas necessárias como também se faz o espalhamento da areia e a distribuição dos cubos. Muitas vezes também é usada em estaleiro para carregamento de camiões basculantes de MGE, areia e cubos. A pá traseira tem como utilização a abertura de valas ou pequenas tarefas que não podem ser executadas com a parte frontal. Tal como é lógico todo e qualquer trabalho realizado pelo este equipamento é um trabalho grosseiro tendo por isso que se executar algum trabalho manual em zonas mais sensíveis como por exemplo em volta de tampas, sumidouros, postes e lancis.



Figura 2.26 - Exemplo de uma retroescavadora (marca:jcb / modelo:1cx)
(fotografia do autor)

2.9.7 CILINDRO VIBRATÓRIO

Após compactação do material granular é necessário compactar de forma a obtermos uma camada rígida desta forma a compactação é realizada com a ajuda do cilindro. Mais tarde e após assentamento dos cubos e seu refechamento das juntas é necessário realizar a compactação. Esta compactação tem por objetivo melhorar a sua ligação entre a areia e os cubos, uma vez que a energia transmitida pelo cilindro permite um melhor assente dos cubos. Por outra forma com a vibração do cilindro leva a uma maior penetração do material de refechamento das juntas resultando assim numa camada mais compacta. Em outra visão com a passagem do cilindro permite uma refinação da superfície isto é todo e qualquer cubo saliente será uniformizado aos outros cubos em redor. Na calçada é usado um cilindro vibratório pois é o que melhor se adapta às tarefas desejadas.



Figura 2.27 - Exemplo de um cilindro vibratório (marca: bomag).

(fotografia do autor)

2.9.8 PLACA COMPACTADORA

Devido ao facto de o cilindro não conseguir todos os pontos do pavimento pois em volta de tampas, sumidouros, postes e lancis torna-se necessário uma ferramenta de compactação versátil de forma a ser usada para tais zonas. Desta forma a placa compactadora facilmente executará a compactação mais ligeira nestas zonas uma vez que as suas dimensões são menores bem como o facto de a sua manobrabilidade ser mais fácil. Devido ao fácil transporte deste equipamento durante pequenas obras de calçada ou pequenas reparações executa-se a compactação com este equipamento.



Figura 2.28 - Exemplo de uma placa compactadora.

(fotografia do autor)

2.10 PATOLOGIAS DA CALÇADA

Tal como os outros tipos de metodologia de pavimentos, quando a realização das tarefas não é executada com as devidas normas ou então por falhas no seu dimensionamento há a ocorrência de deficiências no pavimento. Estas avarias vão influenciar o tráfego rodoviário trazendo inconvenientes aos utilizadores. Desta forma é necessário reconhecer estas avarias como também estudar a melhor forma de as corrigir.

Ao contrário dos pavimentos rígidos e flexíveis a calçada não se verifica avarias de fissuração uma vez que não existe ligação contínua entre os cubos sendo assim as principais avarias que se verificam é o desprendimento, a desagregação da junta, o movimento horizontal, a “bombagem”, as rodeiras, o assentamento e o polimento.

2.10.1 DESPRENDIMENTO

O desprendimento ocorre quando um ou vários elementos soltam-se. Esta avaria é causada pelo deficiente refechamento das juntas, confinamento mal efetuado ou pavimento subdimensionado.

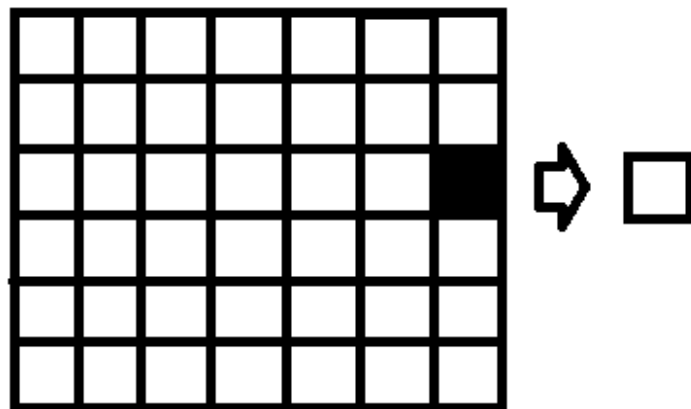


Figura 2.29 - Esquema de desprendimento (vista aérea).

2.10.2 DESAGREGAÇÃO DA JUNTA

A desagregação da junta ocorre quando há desaparecimento do material da junta. As causas para o aparecimento desta avaria podem ser juntas largas, mau confinamento ou má drenagem ou compactação da camada de base insuficiente.

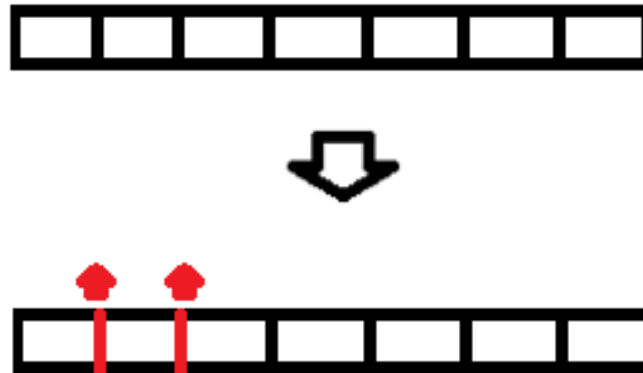


Figura 2.30 - Esquema de desagregação da junta (corte).

2.10.3 MOVIMENTO HORIZONTAL

O movimento horizontal é quando acontece o deslize dos elementos da camada de base na horizontal. Este é resultado de tensões tangenciais provocado pelo tráfego por travagem ou aceleração. Pode também ser causa desta avaria o pavimento mal confinado ou o facto de o pavimento ter sido executado com juntas demasiado largas.

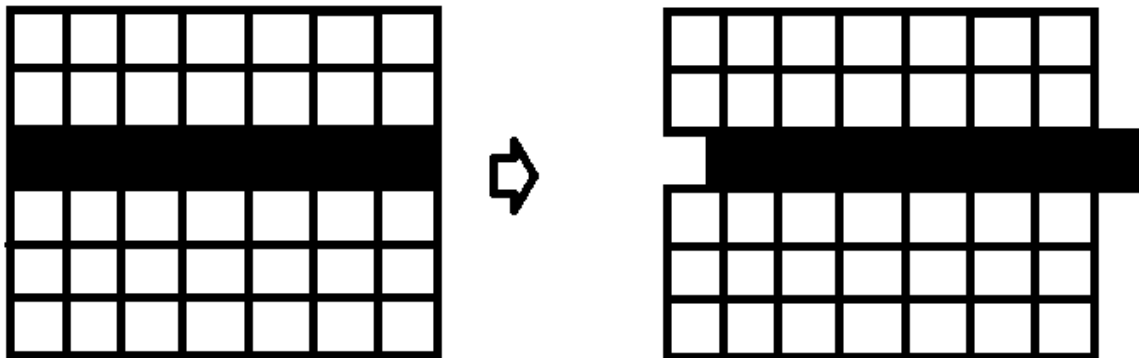


Figura 2.31 - Esquema do movimento horizontal (vista aérea).

2.10.4 “BOMBAGEM”

A Bombagem é quando aparecem finos acompanhados de água nas juntas quando sujeito a cargas. Resulta de alguma infiltração de água para as camadas inferiores resultando num abaixamento da capacidade resistente do pavimento.

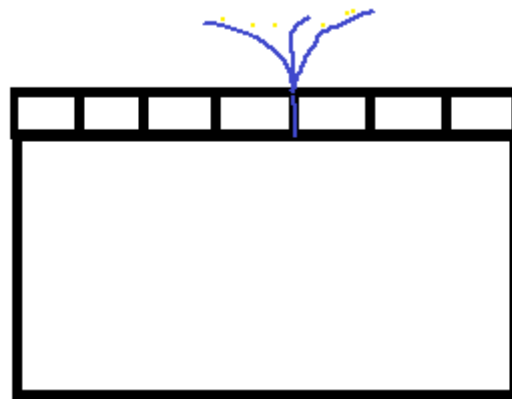


Figura 2.32 - Esquema da “bombagem” (corte).

2.10.5 RODEIRAS

O aparecimento de rodeiras no pavimento ocorre quando se verifica a deformação permanente longitudinal nas zonas em contacto com cargas mais recorrentes. As causas para esta avaria podem ser pavimento subdimensionado, camada granular mal compactada ou excessiva espessura de almofada de areia.



Figura 2.33 - Esquema de Rodeiras (corte).

2.10.6 ASSENTAMENTO

O assento é uma deformação permanente localizada e pronunciada como resultado do subdimensionamento do pavimento, má drenagem ou excessiva espessura de almofada de areia

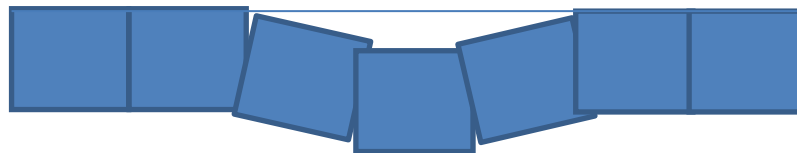


Figura 2.34 - Esquema de assentamento (corte).

2.10.7 POLIMENTO

O polimento é o desgaste da superfície do material da camada de desgaste. Provocado pela abrasão do tráfego em conjunto com a ação da água. Depende da resistência ao desgaste dos materiais, isto é, há tipos de pedra que ficam polidos com maior ou menor facilidade. Com o polimento da camada de

desgaste, os veículos têm muito mais dificuldade em colocar o seu poder de aceleração/travagem em ação colocando em causa a segurança dos veículos e seus ocupantes. Este tipo de avaria resulta do tráfego intenso a que o pavimento esteve durante vários anos.



Figura 2.35 - Esquema do pavimento (corte).

3

OUTRAS METODOLOGIAS DE PAVIMENTOS

3.1. INTRODUÇÃO

Uma vez que este trabalho tem como base uma análise comparativa da calçada com outras soluções disponíveis, além de demonstrar detalhadamente o método da calçada como foi feito nos capítulos anteriores é de interesse realizar uma breve enunciação de outras metodologias.

Na engenharia civil, para uma dada estrutura para uma certa função não existe solução única, mas sim variadas soluções. Nos pavimentos não é exceção e para além da calçada há outros tipos de pavimentos.

Com o desenvolvimento dos materiais bem como o desenvolvimento tecnológico surgiram os pavimentos flexíveis, rígidos e semirrígidos. Estes tipos de pavimentos surgiram com a invenção e estudo do cimento bem como a descoberta das potencialidades do betume.

Todas as soluções de pavimentos estão baseadas na estratificação de camadas tendo sempre por objetivo resultar em camadas compactas e rígidas de forma a permitir a degradação das cargas até à fundação.

3.2. FLEXÍVEL

O pavimento flexível tal como qualquer pavimento é resultado duma sobreposição de diversas camadas de diferentes constituições. Este tipo de solução tem algumas variantes de constituição sendo o mais comum ser constituído por uma camada de sub-base, base, regularização e de desgaste.

A camada de sub-base é constituída por *tout-venant* ou solos de muito boas características em que é aplicada uma energia de compactação com ajuda de equipamento apropriado (cilindro) juntamente a um teor de água ótimo de forma a obtermos uma camada compacta. Desta forma é necessário um estudo tanto do tipo de cilindro a aplicar como também do teor de água ótimo resultando daqui bastante trabalho e estudo de laboratório. É necessário o estudo do solo de fundação de forma a determinar a espessura necessária desta camada.

A camada de base é formada por material de granulometria extensa com a aplicação e estudo da camada anteriormente explicada.

Após realização das camadas anteriormente enunciadas é realizada uma camada de regularização sendo esta camada composta por uma mistura betuminosa, ou seja, constituída por material granular juntamente com ligante, neste caso o betume. Esta camada tem como função permitir que a camada que nela se suportará ter uma espessura constante daí o seu nome.

Por fim a camada de desgaste também constituído por uma mistura betuminosa sendo esta que estará em contacto com os pneumáticos dos veículos tem como função permitir um cómodo e seguro tráfego bem como uma estanquidade da água de forma a não existirem infiltrações para as camadas inferiores.

No nosso país esta solução de pavimento é a mais utilizada uma vez que Portugal é um país possuidor de refinarias, ou seja, existe uma transformação permanente de combustíveis resultando daí o betume. Esta matéria praticamente só é utilizada em pavimentos pelo que se não existisse esta intensa utilização no nosso país seria de certa forma difícil fazer o escoamento do betume uma vez que é um resíduo da refinação dos combustíveis.

Este tipo de método de executar pavimentos requer grande conhecimento tanto na produção como na sua aplicação resultando assim na necessidade de mão-de-obra especializada. A nível de ferramentaria e equipamento é de elevada exigência e complexidade. De um modo geral e comparativamente a outras metodologias é uma solução económica.



Figura 3.1 – Realização de espalhamento da camada de desgaste.

(fotografia retirada de www.engenhariacivil.com)

3.3. RÍGIDO

O pavimento rígido é formado de igual forma por uma camada de sub-base e uma base com os mesmos materiais e modos de aplicação dos pavimentos flexíveis. Na sua superfície é constituído apenas por uma camada de betão com várias variantes.

Em Portugal a utilização desta metodologia é muito rara devido aos custos associados a este método. É de realçar, no entanto as suas grandes vantagens sendo a durabilidade, visto que o betão tem características mecânicas de qualidade, sendo o seu ponto forte. Ao contrário dos flexíveis este método é insensível aos resíduos dos veículos, tem menor impacto visual e compatíveis para zonas de tráfego pesado. Como pontos desfavoráveis a outras metodologias, além do custo anteriormente anunciado é a menor aderência da sua superfície, o efeito sonoro do tráfego à sua passagem e a sua má execução por fases. Como ponto forte pode-se dizer que tem uma excelente distribuição das cargas.

A nível de mão-de-obra, o modo construtivo e o equipamento necessário é ainda de maior exigência em relação o flexível.

3.4. SEMIRRÍGIDO

O pavimento semirrígido tal como o nome sugere é a mistura do rígido com o flexível, isto é constituído por duas camadas sendo a inferior uma base granular com cimento e na superfície uma mistura betuminosa. Desta forma esta solução é muito pouco utilizada pelos seus custos e dificuldades pois resulta do gasto de duas matérias de construção rodoviária o betume e o cimento.

4

CALÇADA VS OUTRAS SOLUÇÕES

4.1. COMODIDADE RODOVIÁRIA

Sendo de forma geral o tráfego automóvel o utilizador de maior frequência de qualquer pavimento, existe uma grande preocupação em termos de soluções de forma a criar uma boa comodidade ao rolamento dos veículos. O conforto na circulação de veículos rodados depende da sua regularidade superficial. Sendo a calçada um conjunto de peças que assentadas tentam conferir da melhor forma uma superfície plana, mas que dificilmente o consegue, ao contrário do betão ou betuminoso sendo esta uma mistura homogénea que após aplicação surge uma perfeita superfície de rolamento automóvel.

Assim sendo verifica-se que no campo da comodidade rodoviária a calçada fica um pouco aquém das outras soluções disponíveis.

4.2. ESTÉTICA

Devido ao facto de existirem várias tonalidades de granitos facilmente é possível personalizar formas e desenhos através da intercalação de diferentes cubos com as diferentes tonalidades. Ao contrário das outras soluções que não permite a variância de tons do pavimento sendo desta forma iguais em todo o seu uso. Fruto da frequência de utilização da calçada, esta metodologia está intrinsecamente ligada a determinados usos.

Numa visão de nobreza de um pavimento é uma variável de difícil avaliação pois são subjetivas as diferentes opiniões referindo-se este ponto numa avaliação estética do material. É importante recordar que a metodologia adotada para um pavimento pode valorizar o espaço em que este se enquadra. Apesar da subjetividade deste ponto existe realmente o consenso da grande capacidade estética da calçada. Na solução de uso de pavimento flexível verifica-se a intensidade da coloração negra, resultando neste ponto como um ponto fraco embora na atualidade existe a possibilidade de utilizar aditivos que dão outra cor à mistura betuminosa permitindo apresentar uma maior qualidade estética mas mesmo assim muito abaixo da calçada.



Figura 4.1 – Exemplo de uma figura executada com cubos 7/9.

(fotografia do autor)

4.3. FACILIDADE CONSTRUTIVA

Neste campo é pensada a simplicidade de construção das soluções. A calçada é a solução mais simplista que podemos optar. Por um lado, não exige uma mão-de-obra tão especializada facilitando assim a sua facilidade de execução, por outro lado apenas usa ferramentaria ligeira e equipamento reduzido que permite simples métodos construtivos sem grandes movimentações de equipamento. No caso do betão e betuminoso exige bastante equipamento, a maior parte deles altamente dispendiosos, métodos exigentes e rigorosos usando por isso mão-de-obra mais especializada.

Em suma, o trabalho de pavimentação de betão ou betuminoso mesmo até reduzido, exige um transporte e logística de equipamento complexo e dispendioso, assim sendo neste ponto a calçada é mais vantajosa.



Figura 4.2 – Execução de pavimentação em calçada de uma berma.

(fotografia do autor)

4.4. LIMPEZA

Cada vez mais a limpeza das ruas das nossas cidades tem sido alvo de alguma preocupação, isto é, por questões ambientais como de estética, existe uma preocupação pelas entidades responsáveis no sentido de limpeza dos arruamentos. Sendo assim há a necessidade do pensamento inteligente nas novas construções de pavimentos a executar de forma às ações de limpeza tornarem-se mais práticas e rápidas diminuindo o seu custo.

A limpeza de um pavimento é efetuada por aspiração e/ou varrimento em que a sua facilidade de execução depende da regularidade da superfície. Um pavimento com fácil limpeza é um pavimento contínuo com superfície regular e rígida e que não possua juntas preenchidas com material sem presa como é o caso do pó de pedra. Deste modo quanto à limpeza a calçada perde terreno relativamente às outras soluções.



Figura 4.3 – Exemplo de um veículo construído para limpeza urbana.

(fotografia do autor)

4.5 DURABILIDADE

Sendo a calçada constituída por uma camada de base de rocha granítica tem uma durabilidade muito longa sob o ponto de vista de desgaste, embora com a utilização intensa do tráfego se verifica um polimento da superfície dos cubos/paralelepípedos que diminui bastante a capacidade aderente dos pneumáticos dos veículos comprometendo assim a segurança. Para solucionar este problema procede-se a um processo designado por reviragem que, tal como o nome indica, é o levantamento dos cubos e a exposição ao tráfego de uma face não polida.

4.6 CUSTO DE CONSTRUÇÃO

Tendo a pavimentação de um arruamento variadas soluções possíveis, cria-se a dificuldade de escolha de qual será a melhor sendo que o conceito de melhor é de difícil estudo pois existe numerosas variáveis, desta forma o custo é de facto uma das maiores variáveis de decisão. Embora o custo deva ser sempre balanceado com os benefícios potenciais da solução por vezes isto não acontece e o fator custo será o decisor.

Desta forma o custo da calçada não é de todo da mesma ordem de valor das soluções de betão e betuminoso. Neste ponto não deve ser pensado apenas o preço por m² da solução, mas sim incluindo a durabilidade resultando daqui um preço a longo prazo.

4.7 REUTILIZAÇÃO

A calçada é uma solução de pavimento reutilizável, ou seja, é facilmente removido e colocado em outra estrada sem comprometer a sua qualidade e resistência, ao contrário dos pavimentos rígidos e flexíveis em que a sua remoção é extremamente difícil e com pouca possibilidade de reutilização, implicando quase sempre a sua destruição.

Os pavimentos em betuminoso podem ser fresados e reutilizados em centrais de produção de misturas betuminosas que têm capacidade de incorporar esta matéria, poupando-se recursos (agregados e betume).

Em vários pavimentos existe a necessidade de abrir valas para colocação de um cabo, uma conduta ou outra rede, sendo necessário levantar as várias camadas constituintes. No caso da pavimentação em cubos de pedra a camada de desgaste facilmente é levantado e após construção da conduta rapidamente são repostos os mesmos ao contrário dos pavimentos rígidos e flexíveis que resultaria grandes volumes de resíduos de construção.

Noutro campo de visão em qualquer metodologia durante o processo construtivo existe a excedência de material que na calçada pode ser armazenado e utilizado num posterior trabalho. Por sua vez nas soluções de betão ou betuminoso, devido aos seus tempos de cura quando se verifica excedência de material este não é possível armazená-lo resultando daqui resíduos de construção difíceis de os tratar. No campo da reutilização a calçada é a metodologia vencedora.



Figura 4.4 – Pavimentação em cubos recuperados de uma antiga estrada com refechamento a argamassa.

(fotografia do autor)

4.8 IMPACTO AMBIENTAL

Uma vez que a calçada é um material totalmente mineral não usamos energia para a sua conceção apenas para a sua extração e corte ao contrário de outras soluções de betão ou betão betuminoso que necessitam de vários processos que levam a grandes gastos energéticos. A calçada no seu processo de fabrico e processo construtivo não necessita de qualquer produto não natural.

No fabrico do betuminoso são utilizados bastantes combustíveis quer para aquecer o betume, quer para aquecer a mistura causando bastante impacto ambiental.

Por outro lado, como se verifica na calçada uma forte reutilização (4.7), este diretamente é um fator de diminuição do impacto ambiental, visto que nunca necessitamos de destruir este material tendo sempre o seu potencial de utilização.

Assim, pode-se concluir que a calçada é uma metodologia considerada uma metodologia “amiga” do ambiente ao contrario das outras soluções.

4.9 TEMPO DE EXECUÇÃO

A calçada uma vez que recorre a muito trabalho manual, não havendo na atualidade equipamento para o assentamento dos cubos, é uma atividade que leva bastante tempo. Por sua vez nas soluções flexíveis e rígidos, a pavimentação é recorrida a maquinaria que poderá ter rendimentos diários brutais ao contrário do assentamento um a um de pequenos cubos.

4.10 ABERTURA DE VALAS

A facilidade ou dificuldade de abertura e fecho de valas no pavimento é um parâmetro de grande importância nos pavimentos visto que toda e qualquer obra de pavimentação pode estar em sucessivas interações com outras obras relativas a condutas.

Em profundidade, sendo todos os pavimentos constituídos por material granular compactado é de fácil abertura de valas. A camada de desgaste é o grande impasse da abertura de valas, sendo o betão ou o betuminoso um material de difícil corte uma vez constituídos por uma ligação continua, na calçada facilmente é removido os cubos sem qualquer problema podendo estes serem reaproveitados.



Figura 4.5 – Execução de uma abertura de vala em calçada.

(fotografia do autor)

4.11 TABELA CONCLUSIVA

| Tipo de pavimento | Calçada | Betão | Betuminoso |
|------------------------|---------|------------|------------|
| Comodidade rodoviária | Mau | Bom | Bom |
| Estética | Bom | Intermédio | Mau |
| Facilidade construtiva | Mau | Bom | Bom |
| Limpeza | Mau | Bom | Bom |
| Durabilidade | Bom | Bom | Mau |
| Custo de construção | Mau | Intermédio | Bom |
| Reutilização | Bom | Mau | Intermédio |
| Impacto ambiental | Bom | Mau | Mau |
| Tempo de execução | Mau | Bom | Bom |
| Abertura de valas | Bom | Mau | Mau |

Tabela 4.1 – Tabela comparativa calçada vs. betão vs. betuminoso.

4.12 CONCLUSÃO

Apesar de a análise ser subjetiva, mas tendo como base os dez critérios utilizados, concluímos que os pavimentos em calçada têm cinco “maus” e cinco “bons”. O pavimento flexível, em betuminoso, tem cinco “bons”, um “intermédio” e quatro “maus”. Já o pavimento rígido, em betão, tem três “maus”, dois “intermédios” e cinco “bons”. Pode-se então concluir que a calçada é um material competitivo nestes critérios de análise comparados às suas alternativas.

5

ANÁLISE DE CUSTO

5.1. INTRODUÇÃO

Como qualquer método usado em diversas áreas é necessário balancear o peso do custo comparativamente ao à vantagem da solução, desta forma na área da engenharia civil não é exceção. Assim sendo neste capítulo importa estimar um custo real desta metodologia de pavimentos para podermos criar uma atitude comparativa de soluções.

Tal como qualquer tipo de obra executado pela engenharia civil a análise de custo é difícil uma vez que depende de variadíssimas condicionantes. Uma das condicionantes é a localização do pavimento a executar e desta forma para obter um custo realista neste capítulo vou simular a uma situação hipotética de uma obra na Póvoa de Varzim distrito do Porto. Tal como facilmente é compreendido a localização influencia o custo uma vez que necessitamos de grandes volumes de materiais acompanhados de algum equipamento de escavação e compactação surgindo assim custos elevados de transporte.

Numa tentativa de melhor explicação e também compreensão e até de facilidade de cálculo esta análise de custo é feita por metro quadrado. Para o cálculo teremos de fazer a conversão de peso para volume distribuído para uma área unitária pois a comercialização é feita em toneladas.

5.2 CAMADA GRANULAR

Como explicado anteriormente (2.2.2) a espessura da camada granular depende das cargas bem como da capacidade de degradação da carga do solo de fundação desta forma o custo será diretamente proporcional a esta espessura. Considerando que estamos perante um solo de fundação de razoáveis características consideremos uma espessura de 25cm.

Após pedido de cotação as diferentes pedreiras de granito da zona para fornecimento de material de granulometria extensa (MGE 0/35) obtivemos como melhor cotação.

Cálculo:

$$\text{Volume} = c \times l \times \text{espessura}$$

$$\text{Volume} = 1 \times 1 \times 0,25 = 0,25 \text{m}^3 / \text{m}^2$$

MGE (0/35)

Preço: 3,70 euros/ tonelada

Baridade do material solto = 1,75 toneladas/m³

Baridade após compactação = 2,3 toneladas/m³

Transporte

Preço 0,10 €/ton/km

(18km) 18x0,10=1,80€/ton

Custo total MGE

Custo = volume×baridade×(custo / ton + transporte)

Custo = 0,25× 2,3×(3,7 +1,8) = 3,16 € / m²



Figura 5.1 – Camião a realizar o carregamento de material de granulometria extensa.

(fotografia do autor)

5.3 ALMOFADA DE AREIA

Tal como enunciado anteriormente não existe exigência de granulometria da areia para o assentamento pelo que poderemos optar pelo tipo de areia mais em conta. Assim sendo após pedido de cotação obtemos o seguinte valor abaixo calculado. Uma vez que a espessura pode variar entre os 4 e os 6 centímetros optaremos pelo pior cenário a nível de gastos de material. O preço do transporte será de igual valor uma vez que a comercialização será do mesmo ponto de produção do material anteriormente calculado. Para comparação analisei o custo do areão. Tanto o areão como areia os preços referem-se a tonalidade amarela designados a nível comercial como sendo de segunda qualidade resultando em preços de venda mais baixos.

Cálculo:

$$\text{Volume} = c \times l \times \text{espessura}$$

$$\text{Volume} = 1 \times 1 \times 0,06 = 0,06 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

Areia lavada amarela (2ª)

Preço: 5,30 €/tonelada

Baridade: 1,8 ton / m³

Transporte (mesma pedreira do MGE)

1,80 €/tonelada

Custo total areia:

$$\text{Custo} = \text{volume} \times \text{baridade} \times (\text{custo} / \text{ton} + \text{transporte})$$

$$\text{Custo} = 0,06 \times 1,8 \times (5,30 + 1,80) = 0,77 \text{ €} / \text{m}^2$$

Areão amarelo (2ª)

Preço: 6,50 €/tonelada

Baridade: 1,6 ton / m³

$$\text{Custo} = 0,06 \times 1,6 \times (6,50 + 1,80) = 0,80 \text{ €} / \text{m}^2$$

5.4 CAMADA DE DESGASTE E BETUMAGEM

Uma vez que para a camada de desgaste poderemos ter como opção uma variada escolha de material tanto nas dimensões, forma como também cor. Como tal estas pequenas variantes influenciam e muito o seu custo, tanto pelo custo de fabrico como pelo seu rendimento ser muito discrepante (ver ponto 2.4).

Uma vez que a solução mais corrente é a aplicação de cubo da classe 9/11 de granito azul procederemos ao cálculo desta solução. Quanto à betumagem poderá ser de dois tipos: argamassa ou pó de pedra. O cálculo será feita para a solução em pó de pedra sendo a solução mais económica e por isso mais frequentemente utilizada. Na indústria extrativa anteriormente enunciada para o fornecimento da areia e o material de granulometria extensa, não produz este tipo de material pelo que tive de explorar novas cotações num maior raio aumentando um pouco o preço de transporte.

Cálculo:

Recorrendo à tabela dos rendimentos em 2.7

Cubo 9/11 azul

Rendimento (R): 1 tonelada permite cobrir uma área de 5 m²

Preço: 28,00€ /tonelada

Transporte (28km) = 2,80 euros/ tonelada

$Custo = R \times (custo / ton + transporte)$

$Custo = (1/5) \times (28,00 + 2,80) = 6,16 \text{ € / m}^2$

Betumagem:

Sendo um arruamento para tráfego de veículos motorizados a betumagem é feita com pó de pedra o que usa muito pouco material por metro quadrado ou seja uma pequena quantidade de material permite betumar uma área elevada pelo que o custo de material existe mas é desprezável contabilizando mais adiante apenas o custo de mão-de-obra que este processo existe.

5.5 MÃO-DE-OBRA E EQUIPAMENTOS

A calçada é um método de pavimentação como facilmente se entende que exige muita mão-de-obra e pouco equipamento ao contrário das soluções de pavimento rígido e flexível. Uma vez que o assentamento dos cubos é feito um a um é uma operação de muita demora fazendo com que para uma área unitária exija um custo de mão-de-obra elevadíssimo.

A nível de equipamento é pouco exigente monetariamente uma vez que os equipamentos usados são de pouco uso.

Mão-de-obra:

Assentamento:

4,00 € / m² (preço já com refechamento de juntas a pó de pedra e assentamento em espinha)

Espalhamento de MGE e areia:

3,00 € / m²

Equipamentos:

Retroescavadora

1,50 € / m²

Cilindro:

1,00 € / m²

5.6 PREÇO FINAL

Através desta simulação de um hipotético arruamento, facilmente detalhamos o custo das diversas parcelas. Desta forma obtemos um valor muito próximo do real para o custo desta solução. Com a análise de resultados e sua comparação verifica-se o valor excessivo de mão-de-obra da calçada, se fizermos a alteração da medida do cubo de 9/11 para 7/9 ou 4/6 este valor ainda maior se torna. Para piorar a situação em casos de aplicação de blocagem, brita, geotêxtil e drenos este valor pode duplicar ou até triplicar. É de salientar que esta análise de custo está isenta de impostos.

Camada granular: 3,16 €/m²

Almofada de areia: 0,77 €/m²

Camada de desgaste: 6,16 €/m²

Mão-de-obra e equipamentos: 9,5 €/m²

Total: 19,59 €/m²

6

CONDIÇÕES IDEAIS DE UTILIZAÇÃO DA CALÇADA

6.1. ZONAS HISTÓRICAS

Na cidade do Porto tal como em outras cidades históricas verifica-se a existência de zonas designadas por zonas históricas isto pelo facto da existência predominante de edifícios centenários em que o granito é o seu principal material de construção. Assim sendo na atualidade existe uma política de preservação deste tipo de edifícios nunca retirando o seu aspeto histórico conservando sempre o seu material nobre o granito. Desta forma e pondo o peso do custo à parte, é lógico que em zonas desta topologia o método de pavimentação de excelência é a calçada pois é um material que enquadra bem com a envolvente.



Figura 6.1 – Igreja românica de Rates e sua calçada em redor.
(fotografia do autor)

6.2 ZONAS RURAIS

Em zonas rurais uma vez que são zonas em o tráfego é de menor intensidade e as velocidades praticadas devem ser mais baixas com a aplicação de calçada é uma forma de autocontrolo para os automobilistas reduzirem a velocidade. Noutro campo de visão e uma vez que as zonas rurais são zonas que ainda não possuem todas as estruturas de condutas que nas estradas poderão passar e uma vez que a qualquer momento poderá surgir um atravessamento de conduta e como já explicado no ponto de 4.10 facilmente a calçada é levantada e reposta após construção da conduta ao contrário das outras soluções.



Figura 6.2 – Caminho rural sendo sujeito a abertura de vala para conduta de águas pluviais.

(fotografia do autor)

6.3 ACESSOS PARTICULARES E PASSEIOS

Em pequenos acessos em que a estética muitas vezes é prevalecida ao custo, a calçada pode ser vista como uma solução de excelência e até de requinte, quem é que no acesso dentro da sua moradia prefere um pavimento em betuminoso ou betão em vez de uma calçada em cubos de granito mostrando os produtos que a natureza pode dar.

Em passeios, o microcubo pode ser uma boa solução em alternativa ao betão de forma a contornar a cor cinza das nossas cidades tornando arruamentos mais atrativos para a população. Uma vez que a mudança da cor negra do betão betuminoso com a tonalidade do granito cria-se uma diferença estética notável permitindo um boa visualização tanto para condutores como peões.

Nas grandes cidades como predominância da metodologia de pavimentos é o betão betuminoso e uma vez que é necessário fazer pequenas saliências das vias para acoplamento de paragens de apoio ao transporte publico. Estas saliências como função de paragem de autocarro para recolha de passageiros sem influenciar o normal tráfego rodoviário. Como tal estas saliências serão necessárias pavimentar e desta forma como forma alusiva ao utilizadores (passageiros) bem como condutores, proceder à sua pavimentação em calçada poderá ser uma mais-valia visual. Para além disto a grande vantagem de utilização de calçada nas paragens de autocarros é o facto de que sendo um local sujeito a grandes quantidades de resíduos de óleos provenientes dos autocarros, no caso da calçada não existe qualquer

efeito negativo em vez do betão betuminoso que perde as suas características físicas com o contacto a estes produtos.

Uma vez que a calçada pode ser executada com a variedade de tonalidades existentes no mercado e neste sentido poder-se-á construir de forma criativos desenhos variados. Estes desenhos podem ser aleatórios tais como a imaginação surge, brasões, siglas, estrelas,... facilmente verifica-se o potencial neste campo na figura 6.3 abaixo assinalada.



Figura 6.3 – Exemplo de uma sigla realizada com cubos.

(fotografia do autor)

7

ANÁLISE DE RESULTADO E CONCLUSÕES

7.1 ANÁLISE FINAL E CONCLUSÕES

Depois da finalização desta dissertação com a análise e estudo comparativo da calçada às outras metodologias podemos fazer uma reflexão conclusiva a cada capítulo.

Relativamente ao capítulo 2 sendo este responsável pela explicação detalhada da calçada podemos concluir a sua composição é simples requerendo, no entanto, muita mão-de-obra, mas em contra partida ferramentaria e equipamento rudimentar. Por outro lado, podemos realçar as suas variantes tanto nas medidas dos cubos e no seu assentamento mas também o tipo de material aplicar na almofada de areia visto que poderá ser a areia o pó ou o areão. Contudo é sempre necessário fazer um estudo do que melhor se adequa às nossas necessidades. Neste capítulo existe também uma alusão às suas avarias acompanhadas das suas causas de modo a preveni-las durante todo o processo construtivo. Com a análise do quadro dos rendimentos presente neste capítulo podemos facilmente calcular o custo do material para qualquer tipo de calçada. Neste capítulo verifica-se também todo o equipamento necessário para uma perfeita aplicação da calçada.

Por sua vez no capítulo 3 com uma breve explicação dos outros métodos analisa-se as suas dificuldades de execução e as suas exigências tanto de equipamento como de mão-de-obra especializada não tirando os seus potenciais.

Com o capítulo 4 e sua análise de custo poderemos concluir a sua inviabilidade económica comparada com as outras soluções e tal como é realçado no capítulo 5 com a comparação da calçada com os outros materiais nas diversas visões. Sendo assim verifica-se que os grandes potenciais da calçada são a estética, reutilização, o seu baixo impacto ambiental e a sua facilidade de abertura de valas.

No capítulo 6 existe uma alusão às zonas ideais de utilização concluindo-se assim que zonas históricas, zonas rurais bem como acessos particulares e passeios são realmente zonas de prevalência para a utilização da calçada.

Podemos também concluir que o registo fotográfico do autor bem como os esquemas realizados permitem de certa forma uma melhor compreensão do assunto abordado e uma melhor ligação da teoria à realidade.

Em suma, a calçada tal como outro método construtivo executado pela engenharia civil tem os seus grandes pontos fortes como também a sua grande desvantagem o seu custo, tornando-se desta forma muitas vezes uma solução posta de parte mas concluindo-se assim desta forma os seus potenciais.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Brandão, F., *Vias de comunicação*, FEUP.
- [2] <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/> , acedido a 20-04-2017
- [3] <http://socubos.pt/> , acedido a 05-05-2017
- [4] <https://www.engenhariacivil.com/> , acedido a 10-05-2017
- [5] DEC, secção de Vias de comunicação. *Sebenta de Vias de Comunicação 2*, 2012
- [6] <http://www.paralelocriativo.com/> , acedido 2-06-2017