PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO: A INFLUÊNCIA DA PRODUÇÃO VIBROPRENSADA NA QUALIDADE FINAL DOS ARTEFATOS

LEAL, Cleber E. F. (1); PARSEKIAN, G. A. (2); MARQUES NETO, J. C. (3)

(1) Mestrando, Universidade Federal de São Carlos, cleber.efl@hotmail.com; (2) Professor Doutor, Universidade Federal de São Carlos, parsekian.ufscar@gmail.com; (3) Professor Doutor, Universidade Federal de São Carlos, joseneto@ufscar.br

Resumo: *Dotados de inúmeras vantagens, dentre as quais se destacam a facilidade na execução e manutenção, os pavimentos intertravados têm conquistado cada vez mais espaço no mercado da construção. Atualmente representam uma tecnologia consolidada e eficientemente aplicável à diversas finalidades. Para que as peças de concreto que compõem os pavimentos intertravados se mostrem capazes de atender às solicitações em serviço, aos aspectos de durabilidade e aos requisitos propostos pela normatização, a maneira como são produzidas é fundamental, bem como o modo como o processo de beneficiamento é acompanhado e controlado. Nesse sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de investigar qual influência um processo produtivo caracterizado pela vibro-compressão exerce sobre as propriedades físicas e mecânicas das peças obtidas, e o quão benéfico este se mostra diante das demais técnicas de fabricação.*

Palavras-chave: *Peças de concreto para pavimentação. Processo de produção. Vibro-compressão.*

Área do Conhecimento: *Tecnologia de Componentes Construtivos – Processo de Produção.*

1 INTRODUÇÃO

A produção de Peças de Concreto para Pavimentação (PCP) bem como sua aplicação, têm crescido expressivamente no Brasil nos últimos anos. O emprego das PCP como parte constituinte dos pavimentos intertravados representa uma técnica já consolidada e dotada de grande aceitação no mercado nacional e internacional, apresentando resultados satisfatórios na aplicação em áreas de passeio, áreas submetidas ao tráfego de veículos leves e mesmo em pátios de portos e aeroportos. Desde a década de 1970, marcada pela disponibilidade de equipamentos de grande produtividade e elevado grau de precisão, a indústria de pavimentos intertravados vem crescendo em todo o mundo. O componente que antes era utilizado apenas em áreas que demandavam efeitos arquitetônicos ou paisagísticos, se tornou algo único e extremamente versátil na harmonização de qualquer tipo de pavimento (GODINHO, 2009). De acordo com Interpavi (2016), a pavimentação intertravada representa uma opção intermediária entre os pavimentos rígido (concreto) e flexível (asfalto), somando vantagens de ambos e se configurando como uma excelente alternativa, tanto sob o ponto de vista técnico quanto econômico.

2 PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA

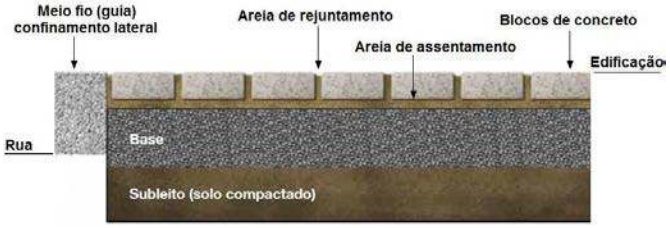
2.1 Conceitos relacionados

A ABNT NBR 9781:2013 define pavimento intertravado como sendo um pavimento flexível com estrutura composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída de peças de concreto justapostas sobre uma camada de assentamento, sendo as juntas entre as peças preenchidas por material de rejuntamento. O “Intertravamento”, por sua vez, consiste no impedimento dos deslocamentos entre peças adjacentes, sejam eles verticais, horizontais, de rotação ou giração, e é proporcionado pela contenção das peças no perímetro externo e pelo próprio rejuntamento com material granular (ABNT, 2011). As PCP correspondem aos componentes pré-fabricados de concreto, utilizados como materiais de revestimento no pavimento intertravado. A Figura 1 ilustra a seção típica do pavimento intertravado.

2.2 Requisitos e normalização

Valores mínimos aceitáveis para propriedades das PCP são propostos no âmbito nacional e internacional, com alguns exemplos indicados no Quadro 1. Dentre as resistências mecânicas, à resistência ao esforço de compressão axial corresponde à uma das propriedades mais solicitadas em serviço e com controle requerido pela maioria das especificações internacionais (CRUZ, 2003).

Figura 1 – Seção típica do pavimento intertravado



Fonte: Adaptado de MASCHIO (2017)

Quadro 1 – Valores para a resistência à compressão axial exigidos em alguns países

Norma	Resistência à compressão (MPa)	Ensaio (tipo de carregamento)	País
DIN 18501	60/63,6 (h= 80/200mm)	total e parcial (punção dupla)	Alemanha
NBN B21-311	60	total	Bélgica
ASTM C936	55	total	EUA
ABNT NBR 9781	35/50 (tráfego leve/pesado)	parcial (punção dupla)	Brasil

Fonte: PIROLA (2011)

3 CONCRETO SECO

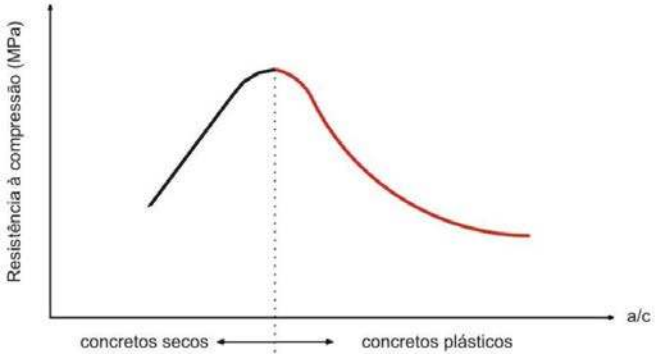
Entre os concretos especiais, destaca-se o concreto seco, também conhecidos por “concreto farofa”, “zero-slump” ou ainda “no-slump”. Como exemplos têm-se o concreto projetado, empregado na contenção de túneis e encostas, e o concreto utilizado na confecção de blocos de alvenaria, tubos e concreto compactado à rolo (JÚNIOR, 2000). A Figura 2 ilustra alguns artefatos produzidos com o emprego de concreto seco. Geralmente, o concreto seco apresenta consistência inicial significativamente maior do que os concretos convencionais, por conta do menor teor de água utilizado (MARCHAND, 1996). Sua maior vantagem na fabricação das peças é a possibilidade do desmolde quase que imediato. De acordo com Rodrigues (1984), suas propriedades no estado endurecido estão relacionadas às do estado fresco, de forma muito mais pronunciada do que no concreto plástico. Ao contrário dos concretos plásticos, concretos secos não seguem à risca a conhecida “lei de Abrams”. Tal comportamento pode ser melhor verificado na Figura 3.

Figura 2 – Artefatos produzidos com concreto seco



Fonte: MARCHIONI (2012)

Figura 3 – Resistência à compressão em função da elevação da relação água/cimento



Fonte: OLIVEIRA (2004)

Produzir artefatos com concreto seco requer que a mistura seja ao mesmo tempo rígida o suficiente para permitir a desmoldagem imediata e úmida o bastante para possibilitar uma distribuição adequada da pasta durante a mistura e vibração (MARCHAND, 1996). Na fabricação de uma PCP por vibroprensagem, o excesso de água pode comprometer a alimentação dos moldes. Da mesma maneira, água de menos pode fazer com que as peças percam até 60% de sua resistência pela dificuldade de compactação, além de contribuírem com o desgaste do molde em função do atrito excessivo (MARCHIONI, 2012). Busca-se alcançar um teor de umidade ótimo, que permita a obtenção de maior compacidade e consequentemente, maior resistência. Para concretos secos, esse teor se encontra entre 6% e 8% (PIROLA, 2011).

Fernandes (2011) confirma a demanda por coesão na fabricação de artefatos com concreto tipo “farofa”. Para o autor, a coesão nesse caso concede aos elementos a capacidade de manterem-se íntegros durante a

extrusão ou desforma até seu endurecimento, sem sofrer desmoronamento, deformação, quebra de arestas ou quaisquer outros danos. O emprego de quantidades equilibradas de cada material durante a dosagem, onde os finos têm papel importante, também auxilia na obtenção da coesão. Segundo Marchioni (2012), tanto a propriedade de fluidez quanto coesão do concreto estão intimamente ligadas à produtividade e à qualidade do processo produtivo e ambas dependem da eficiência da compactação durante a fabricação. Com coesão inicial reduzida, a moldagem da mistura seca passa a depender de energia adicional, que é introduzida na fabricação por meio das operações de compactação e vibração de equipamentos denominados vibrocompressores.

4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DAS PEÇAS

Fernandes (2011) e Bittencourt (2012) apontam a existência três processos bem distintos de produção das PCP, a saber: processo dormido, processo virado e o processo prensado (também chamado de “vibroprensado” por outros autores).

4.1 Processo dormido

O concreto, que não chega a apresentar uma consistência plástica é inserido manualmente nos moldes e posteriormente adensado com o auxílio de uma mesa vibratória. As peças são desformadas apenas no dia seguinte, o que dá origem ao termo “dormido” (BITTENCOURT, 2012). Por serem geralmente constituídos de plástico, aço ou fibra, os moldes conferem aos pavers acabamentos superficiais extremamente lisos. Por isso, são preferencialmente empregados em áreas domésticas. No entanto, esse processo de fabricação apresenta baixa produtividade e requer uma base bem executada para o pavimento, uma vez que as peças não fornecem intertravamento suficiente em razão de sua superfície lateral lisa e seu formato cônico (FERNANDES, 2011).

4.2 Processo virado ou batido

Processo manual marcado pelo emprego de concreto plástico e preenchimento das fôrmas conjuntas ou individuais, adensadas geralmente em uma mesa vibratória e desmoldadas logo em seguida sobre uma base plana e impermeável. Isto permite que as peças viradas também apresentem superfície lisa (BITTENCOURT, 2012). Segundo Fernandes (2011), estima-se que uma equipe de 6 pessoas bem habilitadas produza 50 m²/dia requerendo investimentos mínimos.

4.3 Processo prensado

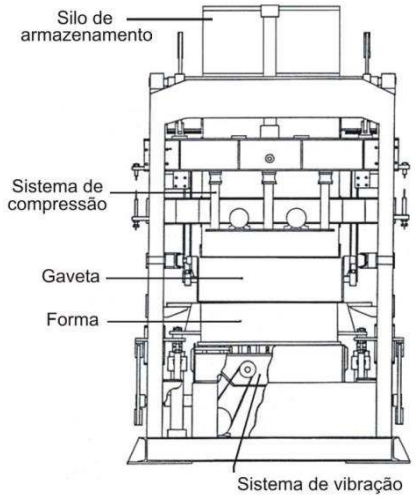
Ao contrário dos dois anteriores, esse processo é marcado pela produção mecânica das peças. O concreto, necessariamente de consistência mais seca, é adensado sob alta pressão e constante vibração em equipamentos de produção em escala denominadas vibroprensas. O uso de tais máquinas, permite maior controle durante a produção e consequente homogeneidade das peças. Trata-se do processo mais utilizado no mundo e o que proporciona maiores possibilidades de cores e formatos, além de resultar no melhor desempenho estético do produto aplicado (FERNANDES, 2011). De acordo com Marchioni (2012), a compactação da mistura permite a obtenção de peças com menor consumo de cimento em comparação ao concreto plástico. A prensagem consiste na operação de conformação, baseada na compactação da massa contida no interior de uma matriz rígida ou de um molde flexível, e realizada pela aplicação de pressão. Seu propósito é obter peças uniformes, em conformidade com geometrias e dimensões pré-estabelecidas, além de contribuir com a obtenção de uma microestrutura compatível às características finais almejadas (ALBERO, 2000).

De acordo com Pirola (2011), o processo de produção vibroprensado divide-se em: armazenamento de matérias primas, proporcionamento dos materiais, mistura, moldagem das PCP (vibroprensagem); e cura das peças. Todas etapas são fundamentais para garantir a qualidade final do produto. No entanto, conforme afirma Oliveira (2004), a moldagem é a que exerce maior influência nas propriedades finais das peças.

Vibroprensas

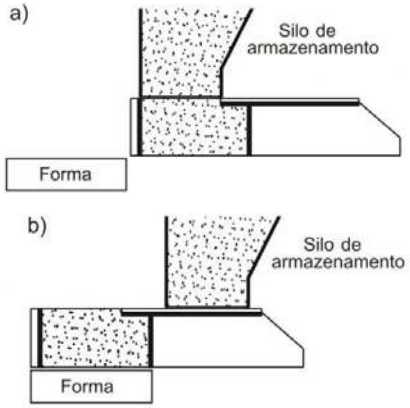
As máquinas de vibrocompressão possuem grande importância, por imprimirem simultaneamente elevados graus de compactação e vibração aos concretos secos, o que interfere substancialmente nas propriedades de resistência à compressão e textura das peças (PIROLA, 2011). Conforme Oliveira (2004), uma vibroprensa, constitui-se, basicamente pelo silo de armazenamento, gaveta, sistema de compressão, forma ou molde e sistema de vibração. A Figura 3 traz um exemplo de uma vibroprensa e suas partes constituintes.

Figura 3 – Partes constituintes de uma vibroprensa



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA (2004)

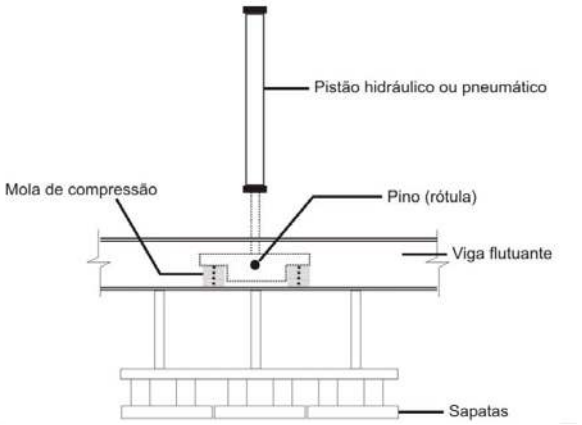
Figura 4 – Mecanismo de funcionamento da gaveta: a) gaveta recuada; b) gaveta sobre a fôrma



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA (2004)

- **Silo de armazenamento:** compartimento localizado na parte superior do equipamento de vibrocompressão, responsável pelo armazenamento do concreto seco já misturado para posterior enchimento da gaveta;
- **Gaveta:** compartimento móvel, que transporta o concreto do silo até a forma das peças. O funcionamento da gaveta pode ser melhor entendido pela Figura 4.
- **Sistema de compressão:** Sua função é comprimir o concreto durante a moldagem das peças. Geralmente composto por um pistão hidráulico ou pneumático, conectado à uma viga flutuante que transfere carga à uma sapata e essa, por sua vez, comprime o material contido na forma. Em equipamentos mais modernos as sapatas são aquecidas, evitando a aderência das mesmas às peças recém prensadas. O mecanismo de compressão é apresentado pela Figura 5.

Figura 5 – Sistema de compressão.



Fonte: OLIVEIRA (2004)

Figura 6 – Forma para produção de PCP.



Fonte: PIROLA (2011)

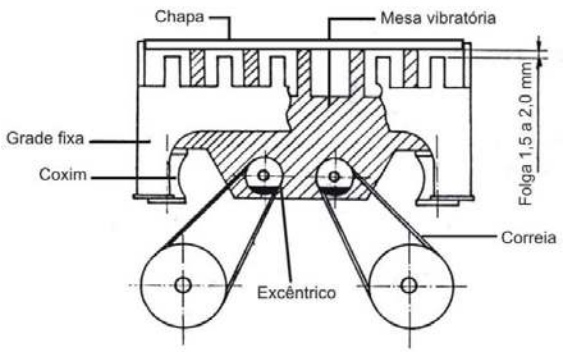
Entre os diversos tipos de equipamentos para produção tanto de pavers quanto de blocos de alvenaria, os mais eficientes são os hidráulicos, que empregam bomba e pistões a óleo. Em seguida vêm as pneumáticas, dotadas de pistões movidos a ar comprimido. Essas últimas, em geral, apresentam maior velocidade e um

número maior de ciclos completos por minuto. Contudo, não proporcionam a mesma energia de compactação que as hidráulicas, resultando em consumos de cimento superiores. Por fim, têm-se as máquinas manuais, simples e que possibilitam uma fabricação quase artesanal. Nestes casos a falta de energia de prensagem provoca um alto consumo de cimento (FERNANDES, 2011).

- **Forma ou molde:** parte responsável pelo armazenamento do concreto trazido pela gaveta e conformação das peças, definindo sua geometria e fornecendo às mesmas a precisão dimensional necessária. A Figura 6 ilustra um dos tipos de formas empregados na produção vibroprensada.

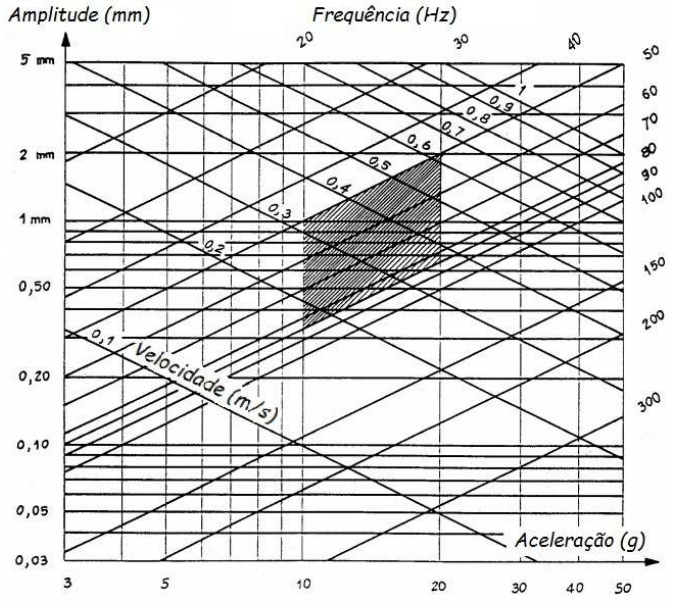
- **Sistema de vibração:** De acordo com Neville (2016), esse sistema tem a função de extinguir o ar aprisionado na mistura e fluidificá-la por meio da redução do atrito interno e acomodação dos agregados. Encontra-se intimamente ligada ao adensamento da mistura e, consequentemente à compacidade e resistência das peças (OLIVEIRA, 2004). Segundo Fiola e Tardini (1988), a vibração é caracterizada pelos parâmetros de direção, frequência, amplitude, velocidade e aceleração. Dentre os tipos existentes, a vibração unidirecional vertical corresponde ao caso mais frequente (FIOLA &TARDINI, 2011). Basicamente, funciona por meio de mesas vibratórias equipadas com dois eixos de massas excêntricas, os quais são movidos por motores elétricos que giram sincronizados e em sentidos inversos (OLIVEIRA, 2004). A Figura 7 ilustra uma mesa vibratória em detalhe. Quanto aos demais parâmetros, a frequência define o número de ciclos completos por segundo sendo indicada em Hertz. A amplitude corresponde ao máximo deslocamento entre um ponto da forma e sua posição de equilíbrio. A velocidade, traduz o quão rápido este deslocamento é realizado, e a aceleração caracteriza a eficiência da vibração, sobretudo em relação às forças a serem colocadas em ação para criar tal efeito. (FIOLA & TARDINI, 2011). Oliveira (2004) afirma que entre todos os parâmetros, a amplitude é o que governa o tempo de vibrocompressão, independente da frequência de vibração. Em outras palavras, constatou-se que quanto maior a amplitude de vibração, menor o tempo necessário para compactar as peças. O diagrama contido na Figura 8 apresenta os valores ótimos dos parâmetros mencionados para a produção de PCP.

Figura 7 – Detalhe do sistema de mesa vibratória.



Fonte: OLIVEIRA (2004)

Figura 8 – Valores ótimos para os parâmetros de vibração.



Fonte: Adaptado de FIOLA & TARDINI (2011).

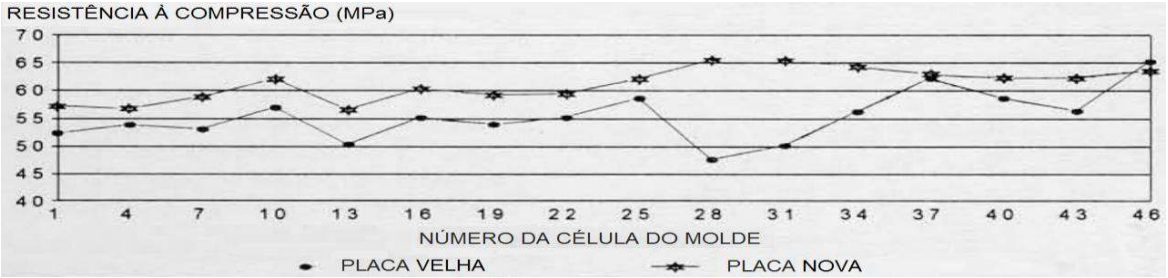
Além dos parâmetros apresentados, o tempo de alimentação e o tempo de vibrocompressão são significativos para a obtenção de produtos finais de qualidade. O tempo de alimentação define o quanto a gaveta

permanece sobre a forma preenchendo-a com concreto, sendo acionado simultaneamente o sistema de vibração. Trata-se do único tempo regulável de uma máquina vibroprensa e o principal responsável pelo grau de compacidade dos artefatos produzidos. Quanto maior o tempo de alimentação, maior a quantidade de concreto na forma, diminuindo o volume de vazios nas peças e elevando, consequentemente, à resistência à compressão das mesmas (PIROLA, 2011). O tempo de vibrocompressão corresponde ao tempo de descida das sapatas com o sistema de vibração acionado, compreendendo desde o contato das mesmas com a mistura até o alcance da altura final das peças. Normalmente gira em torno de 3 a 6 segundos, variando em função dos materiais empregados, do tempo de alimentação adotado e, sobretudo, do equipamento empregado. O tempo de vibrocompressão é utilizado por muitas fábricas como parâmetro de controle de produção, acusando um bom ou mal enchimento de forma. No entanto, a melhor referência para tal controle é, sem dúvida, o peso dos artefatos recém produzidos, em função da facilidade de determinação e à boa correlação com a propriedade de resistência à compressão (OLIVEIRA,2004).

Outro fator que merece atenção no processo de compactação consiste na recuperação elástica. Trata-se da expansão da mistura que ocorre após a retirada da carga devido a energia que permanece armazenada na peça. Essa expansão, cuja origem está relacionada principalmente à distribuição granulométrica dos compósitos, pode acarretar em tensões de tração na peça e consequentemente no aparecimento de fissuras. A velocidade com que a carga de compressão é aplicada durante o processo de prensagem influencia diretamente na recuperação elástica da peça, sendo o seu efeito amplificado com o aumento da pressão de prensagem. Uma menor velocidade na aplicação da carga reduz a recuperação elástica, fornecendo mais tempo para que as partículas se reordenem e alcancem posições mais estáveis. O teor de umidade também influencia neste fator, de modo que, uma mistura com maior plasticidade apresenta menor recuperação (ALBERO,2001).

Cabe salientar que o controle de todos os parâmetros bem como dos tempos de alimentação e de vibrocompressão de nada adiantaria se o equipamento utilizado não possuísse qualidade compatível com os fins almejados. De acordo com Fernandes (2011), na hora de escolher uma máquina é importante analisar não só o número de peças por ciclo e o número de ciclos por minuto, mas deve-se atentar também ao conjunto composto por energia de compactação (pressão + vibração), precisão e dureza dos moldes, robustez da estrutura, tradição, solidez e suporte técnico do fabricante. Para ilustrar a quão significativa é a influência do equipamento e de sua aferição na qualidade final das PCP, o gráfico contido na Figura 9 compara resultados de resistência à compressão de peças produzidas com o uso de placas de contato novas e velhas.

Figura 9 – Influência da aferição do equipamento na resistência final das peças.

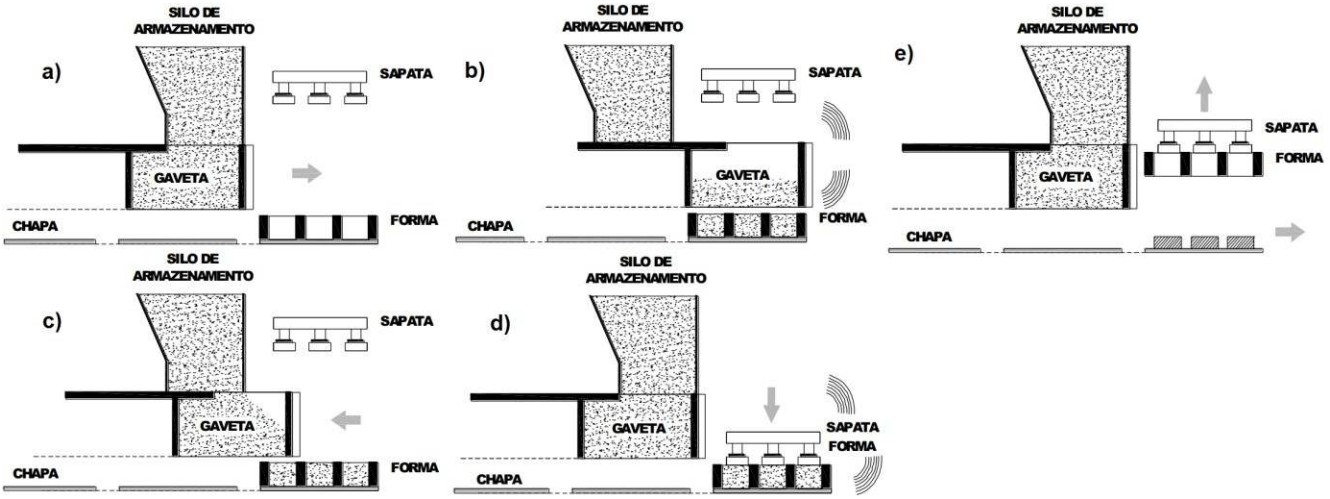


Fonte: Adaptado de DOWSON (1980)

A qualidade dos materiais que compõem a mistura (agregados e sua distribuição granulométrica, aglomerantes, água, aditivos) e estudos de dosagem também são determinantes para a qualidade dos artefatos produzidos. De acordo com Marchioni (2012), alterações na formulação da dosagem visando a obtenção de misturas dotadas de agregados bem caracterizados, com granulometria bem distribuída permitiriam um melhor empacotamento de partículas, menor atrito entre os componentes e maior mobilidade dentro do molde. Tais estratégias seriam capazes de reduzir a força necessária para compactação assim como a necessidade de vibração.

De um modo geral, as etapas que compõem o processo de vibroprensagem relacionado à produção das PCP podem ser sintetizadas pela Figura 10.

Figura 10 – Ciclo produtivo de PCP em uma máquina vibroprensa. a) Posicionamento da forma e avanço da gaveta. b) Alimentação da forma. c) Retorno da gaveta à posição original. d) prensagem/compactação. e) Subida da sapata e da forma liberando as peças acabadas.



Fonte: Adaptado de PIROLA (2011)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do conteúdo apresentado é possível afirmar que emprego de máquinas vibroprensas apresenta vantagens significativas em relação ao demais processos produtivos e que os parâmetros relacionados à compactação e vibração do concreto durante a produção das PCP, bem como as características dos componentes da mistura e do equipamento empregado controlam a qualidade final dos artefatos.

Além de trabalharem com o concreto "zero-slump" que permite o desmolde quase que imediato das peças, as vibroprensas são capazes de produzir artefatos em larga escala e variados formatos, o que se traduz em grandes vantagens competitivas. Quanto maior a energia de compactação (pressão + vibração) fornecida pela máquina menor o consumo de cimento, maior a compacidade e, consequentemente, maior a resistência à compressão das peças. No geral, máquinas hidráulicas fornecem maior energia de compactação que as pneumáticas, por isso representam a melhor opção. O número de peças por ciclo, números de ciclos por minuto, robustez da estrutura, precisão e dureza dos moldes, tradição e suporte técnico do fabricante também devem ser levados em consideração para a escolha de um bom equipamento.

Quanto ao controle da produção, merecem atenção: a dosagem do concreto, o tempo de alimentação das formas e o controle dos parâmetros da vibração. Agregados bem caracterizados e com granulometria bem distribuída tendem a fornecer um melhor empacotamento, exigindo menor energia de compactação. O tempo de alimentação das formas é o principal responsável pela compacidade das peças. Tempos de alimentação maiores dão origem a peças mais densas e resistentes. A compacidade também é resultado da vibração. Entre todos os parâmetros relacionados à vibração, a amplitude é o que governa o tempo de vibrocompressão. Quanto maior a amplitude, menor o tempo necessário para compactar as peças.

Por fim, vale lembrar a quão rigorosa se apresenta a normalização atual relacionada à avaliação e aceitação das peças de concreto para pavimentação. Trata-se de um motivo mais do que suficiente para estimular um controle minucioso de todas as etapas que compõem o processo produtivo. Sendo assim, o uso de bons equipamentos, de agregados bem caracterizados e bem distribuídos para compor a mistura, bem como o controle de parâmetros relacionados ao ciclo produtivo representam boas práticas e o único caminho para o alcance de artefatos de qualidade e em conformidade com as características requeridas pelo mercado.

6 REFERÊNCIAS

ALBERO A. J. L., A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial – Parte I – O preenchimento das cavidades do molde. Cerâmica Industrial. São Carlos, v.5, n.1, p. 23, set./out. 2000.

ALBERO A. J. L., A Operação de Prensagem: Considerações Técnicas e sua Aplicação Industrial – Parte III: Variáveis do Processo de Compactação. Cerâmica Industrial. São Carlos, v. 6, n. 1, p. 26-27. mai./jun. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 26p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15953: Pavimento intertravado com peças de concreto - Execução. Rio de Janeiro, 2011. 13p.

BITTENCOURT, S. F. Avaliação da resistência à compressão de pavers produzidos com agregados de resíduos de construção e demolição e areia de fundição. 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado Tecnologia) – Faculdade de Tecnologia – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012. Disponível em < http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000850357>. Acesso em: 25 ago. 2016.

CRUZ, L. O. M. Pavimento Intertravado de Concreto: Estudo dos Elementos e Métodos de Dimensionamento. 2013. 281f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em <http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/geotecnia/2003/teses/CRUZ_LOM_03_t_M_geo.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2016.

DOWSON, A. Mix Design for Concrete Block Paving. Procedures 1st International Conference on CBP. 1980. p. 121-127.

FERNANDES, I. D. Blocos & Pavers – Produção e Controle de Qualidade. 2 ed. Jaraguá do Sul – Santa Catarina: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda., 2011. 182 p.

FIOLA, C.; TARDINI, B. Concrete quality versus mixing time. Third International Conference on Concrete Block Paving, Rome, Italy. p. 252-272, May, 1988. Disponível em: < https://www.icpi.org/sites/default/files/resources/technical-papers/125_0.pdf>. Acesso em: 15 maio 2017.

GODINHO, D. P. Pavimento intertravado: uma reflexão na ótica da durabilidade e sustentabilidade. 2009. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MMMD8PDFFY/disserta_o_dalter.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 ago. 2016.

INTERPAVI, Pavimentação Intertravada. Conteúdo Técnico. Disponível em: <http://www.interpavi.com.br/brazil/tecnico.htm >. Acesso em: set. 2016.

JUNIOR, A. F. Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural. 2000. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em < https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/78274>. Acesso em: 15 maio 2017.

MARCHAND, J.; HORNAIN, H.; DIAMOND, S.; PIGEON, M.; GUIRAUD, H. The microstructure of dry concrete products. Cement and Concrete Research, 1996. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884696850307>. Acesso em: 17 maio 2017.

MARCHIONI, M. L. Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco para peças de concreto para pavimentação intertravada. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em < http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18072013-150832/pt-br.php>. Acesso em: 13 maio 2017.

MASCHIO, A; Pavimento Intertravado: Como executar bem. In: CONCRETE SHOW, 2015, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2015.

NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p. Tradução: Ruy Alberto Cremoni.

OLIVEIRA, A. L. Contribuição para a dosagem e produção de peças de concreto para pavimentação. 2004. 296 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/87148/206164.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 maio 2017.

PIROLA, F. C. Contribuição para o estudo de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação de 50MPa. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em < https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/95668>. Acesso em: 15 maio 2017.

RODRIGUES, Púbio Penna Firme. Fabricação de blocos pré-moldados de concreto para pavimentação – Prática recomendada. 2ª ed. São Paulo, ABCP, 1995a, 15p.