Pavimento Intertravado



CONFORTO DE ROLAMENTO EM PAVIMENTOS INTERTRAVADOS











Conforto de rolamento em Pavimento Intertravado

1 INTRODUÇÃO

O conforto de rolamento é uma das principais preocupações no pavimento intertravado, considerando especialmente as pessoas que utilizam cadeira de roda como principal forma de mobilidade e frequentemente passam a maior parte do dia nela.

As vibrações impostas ao deslocamento da pessoa em cadeira de rodas podem prejudicar a saúde a longo prazo, principalmente dores nas costas e degenerações dos discos. A International Standards Organizations (ISO) juntamente com a American National Standards Institute (ANSI) desenvolveu uma norma para avaliação de vibração de corpo inteiro (VCI) que traz referências do tempo de exposição necessário para começar a causar problemas de saúde.

Essa prática apresenta os principais pontos de um estudo realizado pela Universidade de Pittsburgh (Wolf et al, 2006).

2 VIBRAÇÕES EM SUPERFÍCIES DE CALÇADAS

A Organização Internacional de Padronização (ISO) e a American National Standards Institute (ANSI) desenvolveram um método para medição de vibração de corpo inteiro (VCI). Este método inclui as amplitudes de vibrações consideradas prejudiciais e os tempos de exposição associados para as faixas de vibrações que foram identificadas como perigosas. O método descreve alguns dos efeitos físicos que podem ocorrer da exposição à vibração de todo o corpo (Wolf et al., 2006).

Os limites da norma ISO-2631 são baseados na amplitude da raiz quadrada média (RMS) cumulativa em um único dia, especificada para frequências entre 1 Hz e 80 Hz. A zona de cuidado para a saúde define o risco para um determinado período com base na quantidade média de vibração experimentada pelo usuário. Conforme o tempo passa, a quantidade de vibração que o usuário de cadeira de rodas pode tolerar com segurança irá diminuir drasticamente (Wolf et al, 2006).

A Figura 1. Limites de exposição à vibração, conforme definido pelo padrão ISO-2631.

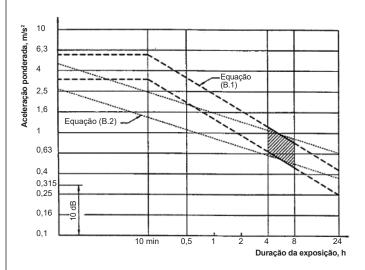


Figura 1 – Zonas de risco potencial à saúde (ISO 2631-1, ISO 1997)

O gráfico relaciona o risco potencial à saúde (área hachurada) compreendendo um período de 4 horas a 8 horas com aceleração entre 0,63 m/s² e 1 m/s² (Faria, 2015).

O estudo de WOLF et al (2006) fornece subsídios para determinar os parâmetros que devem ser considerados quando a opção for utilizar a pavimentação intertravada com peças de concreto em trajetos utilizados por usuários de cadeira de rodas, com importante contribuição ao entendimento da exposição à vibração experimentada por pessoas que usam uma cadeira de rodas elétrica ou de acionamento manual.

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de avaliar estes riscos foi realizado o estudo da Universidade de Pittsburgh, nos Estados Unidos, avaliou as vibrações em diferentes tipos de superfícies, quantificando-as e comparando-as com os limites propostos pela norma ISO 2631, com o objetivo de verificar o tempo máximo de exposição que seria seguro para os usuários de cadeira de rodas. trafegando nas superfícies estudadas (WOLF et al, 2006).



O trabalho avaliou nove superfícies com diferentes configurações de revestimento. As características dessas superfícies estão ilustradas na Figura 1 e na Tabela 1 (WOLF, 2006).

Figura 1 – Ilustração das nove superfícies testadas (WOLF et al, 2006).



Figura 1a - Superfícies 1, 2 e 3



Figura 1b - Superfícies 4, 5 e 6



Figura 1c - Superfícies 7, 8 e 9

Tabela 1 - Características dos revestimentos testados (WOLF et al, 2006).

Identificação e Material de revestimento			Dimensõ			
		Largura do chanfro (mm)	comprimento	largura	espessura	Padrão de acabamento/ assentamento*
1	Concreto moldado no local (referência)	-	-	-	-	liso
2	Peça concreto retangular	0	198	98	60	Espinha de peixe 90º
3	Peça concreto retangular	2	198	98	80	Espinha de peixe 90º
4	Peça concreto retangular	8	198	98	60	Espinha de peixe 90º
5	Peça cerâmica	4	204	102	57	Espinha de peixe 45º
6	Peça cerâmica	0	204	102	57	Espinha de peixe 45º
7	Peça concreto retangular	6	198	98	60	Espinha de peixe 90º
8	Peça concreto retangular	6	198	98	60	Espinha de peixe 45º
9	Peça concreto retangular	4	198	98	60	Espinha de peixe 90º

^{*} Se refere à orientação do assentamento em relação à direção de movimento da cadeira de rodas.



As calçadas testadas apresentavam aproximadamente 1,20m de largura e 7,6m de comprimento. A superfície 1 foi executada com revestimento de concreto moldado no local e recebeu um acabamento "vassourado", de acordo com as práticas vigentes nos EUA, e com juntas de contração a cada 1,20m. Outras seis superfícies foram executadas com pavimento intertravado utilizando-se peças de concreto (superfícies 2, 3, 4, 7, 8 e 9) e outras duas superfícies foram executadas com peças de cerâmica (superfícies 5 e 6) (WOLF et al, 2006).

Vale ressaltar que as larguras dos chanfros nas peças são medidas do lado vertical até a superfície horizontal. Portanto, as larguras do chanfro incluem uma saliência ou ressalto de aproximadamente 1 mm ao redor do perímetro da peça e uma superfície de transição de aproximadamente 1 mm de largura do topo do chanfro. Assim, um chanfro de 6 mm de largura inclui a franja de 1 mm e uma transição de 1 mm para a superfície horizontal, nesse caso, apenas o chanfro tem na verdade 4 mm de largura. As superfícies 2 e 6 consistiam em peças de concreto e peças cerâmicas, respectivamente, sem chanfros. A Superfície 5 consistia em uma peça de cerâmica com lados chanfrados e sem franja ou transição do chanfro para a superfície (WOLF et al, 2006).

No caso da normatização brasileira, a norma ABNT NBR 9781 especifica que o chanfro das peças deve ter no mínimo 3 mm e no máximo 6 mm de largura (valor total do chanfro), podendo-se produzir peças sem chanfro. A figura 2 ilustra as especificações da norma ABNT NBR 9781 em relação ao chanfro das peças ou à ausência deles.

Figura 2 – Ilustração das peças de concreto segundo ABNT NBR 9781 (ABNT, 2013).

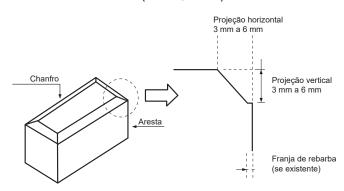


Figura 2a. Aspecto da peça com chanfro (ABNT NBR 9781)

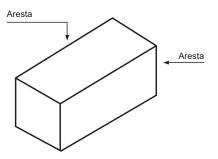


Figura 2b. Aspecto da peça sem chanfro (ABNT NBR 9781)

A principal função do chanfro em um pavimento intertravado é facilitar o rejuntamento e evitar o impacto entre as bordas das peças, principalmente nas utilizações do revestimento para tráfego de veículos.

A Tabela 2 apresenta as medidas de aberturas determinadas aleatoriamente em cada superfície avaliada no estudo da Universidade de Pittsburgh. A abertura na superfície considera as juntas entre as peças, mais as duas larguras de chanfro na face de cada junta. As larguras reais da junta variaram entre 1,5 e 6 mm e variam também dependendo do instalador (WOLF et al, 2006).



Tabela 2 - Características	dos revestimentos te	stados (WOLF et al. 2006).
Tabela 2 - Caracteristicas	dos revestimentos te	Stados (VVOLI et al, 2000).

Identificação Material de		Largura do	Dado: -	Medidas aleatórias das aberturas nas superfícies (mm)					
	revestimento	chanfro (mm)	Padrão	1	2	3	4	média	Desvio Padrão
1	Concreto moldado no local (referência)	-	90°	11,79	12,94	13,67	13,3	12,93	0,81
2	Peça concreto	0	Espinha de peixe 90º	2,46	1,97	2,3	2,97	2,43	0,42
3	Peça concreto	2	Espinha de peixe 90º	5,62	6,21	5,99	6,5	6,08	0,37
4	Peça concreto	8	Espinha de peixe 90º	21,7	22,4	21,4	21,2	21,68	0,53
5	Peça cerâmica	4	Espinha de peixe 45º	10,9	11,26	13,4	11,75	11,83	1,10*
6	Peça cerâmica	0	Espinha de peixe 45º	1,5	3,7	3,28	1,75	2,56	1,10*
7	Peça concreto	6	Espinha de peixe 90º	12,93	13,73	13,27	13,44	13,34	0,33
8	Peça concreto	6	Espinha de peixe 45º	17,71	16,54	19,71	17,74	17,93	1,31*
9	Peça concreto	4	Espinha de peixe 90°	11,48	10,67	12,96	11,36	11,62	0,96

^{*} Aberturas medidas na direção do trajeto da cadeira de roda

3.1 CADEIRAS DE RODAS UTILIZADAS NAS AVALIAÇÕES

3.2 REALIZAÇÃO DOS TESTES

Dez indivíduos sem deficiência utilizaram as mesmas duas cadeiras de rodas durante a coleta de dados: a cadeira de rodas manual e a elétrica, descritas anteriormente. Os voluntários eram cinco homens e cinco mulheres com idades entre 22 a 57 anos. A massa dos voluntários variou de 47 kg a 107 kg e a altura 1,57 m a 1,83 m. Os voluntários relataram estarem livres de qualquer dor no ombro que os impedisse de impulsionar uma cadeira de rodas manual e não tinham histórico relatado de doença cardiopulmonar.

3.3 EXPOSIÇÃO À VIBRAÇÃO DURANTE A CONDUÇÃO DE CADEIRA DE RODAS ELÉTRICA

Os voluntários foram solicitados a dirigir a cadeira de rodas elétrica em nove superfícies de calçada, no total três vezes cada, em duas velocidades (1 m/s e 2 m/s), para um total de 540 tentativas (540 = 10 voluntários x 9 superfícies x 3 repetições x 2 velocidades).

A cadeira de rodas manual foi conduzida a 1 m/s sobre cada uma das nove superfícies, três vezes cada, para um total de 270 tentativas (270 = 10 voluntários x 9 superfícies x 3 repetições).

A velocidade foi verificada para cada tentativa usando um cronômetro em uma distância conhecida. Os ensaios foram considerados aceitáveis quando o tempo estava dentro de ± 0,5% do tempo alvo.

A velocidade foi normatizada por causa da correlação positiva entre vibração e velocidade. As acelerações tri-axiais foram coletadas nos apoios para os pés e no assento. O acelerômetro do assento foi montado em uma placa de alumínio (406 mm x 406 mm x 6 mm) e colocado no assento sob a almofada, de forma que o usuário não se sentasse em uma superfície de metal duro. O acelerômetro do apoio para os pés foi montado em uma placa de alumínio e montado nos apoios para os pés. Um programa de coleta de dados foi usado para fazer a interface com um cartão de aquisição de dados.



4 RESULTADOS

4.1 PROPULSÃO MANUAL EM CADEIRA DE RODAS

A comparação das superfícies da calçada revelou que, em comparação com a superfície de concreto moldado no local (superfície 1 – referência) as superfícies 3, 5, 6 e 9 não diferiram significativamente no nível de vibração produzido.

A Superfície 2 (peças de concreto sem chanfro) foi a única superfície que resultou em exposição à vibração significativamente menor do que a Superfície 1 (referência), e as Superfícies 4, 7 e 8 produziram exposições de vibração significativamente mais altas.

4.2 CONDUÇÃO EM CADEIRA DE RODAS ELÉTRICA

A 1 m/s, as acelerações no assento para as superfícies 2, 3 e 5 foram menores do que o concreto moldado no local, as superfícies 6, 8 e 9 não mostraram diferenças significativas e as superfícies 4 e 7 foram significativamente maiores. A 2 m/s de exposição à vibração, todas as superfícies foram significativamente mais baixas do que a superfície de concreto moldado no local.

Os resultados obtidos nos testes estão reunidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação com o limite inferior da ISO 2631 da Zona de Cuidado de Orientação de Saúde (WOLF et al, 2006).

Identificação e Material de revestimento		Cadeira de rodas manual	Cadeira de rodas elétrica			
		Exposição limite em horas (1 m/s)	Exposição limite em horas (1 m/s)	Exposição limite em horas (2 m/s)		
1	Concreto moldado no local (referência)	6,77	11,62	1,26		
2	Peça concreto retangular - 0 mm - 90º	13,38	24,31	4,72		
3	Peça concreto retangular - 2 mm - 90º	8,53	16,40	3,14		
4	Peça concreto retangular - 8 mm - 90º	2,34	2,43	2,31		
5	Peça cerâmica - 4 mm - 90º	6,38	15,98	2,52		
6	Peça cerâmica - 0 mm - 45º	6,00	12,82	2,03		
7	Peça concreto retangular - 6 mm - 90º	4,32	4,81	3,49		
8	Peça concreto retangular - 6 mm - 45º	2,46	12,57	2,66		
9	Peça concreto retangular - 4 mm - 90º	6,52	11,16	4,44		

As superfícies 4, 7 e 8 produziram níveis de vibração estatisticamente mais altos do que a superfície de concreto moldado no local (referência) nos testes de cadeira de rodas manual. As alturas de chanfro dessas superfícies foram as três mais altas das nove superfícies testadas, o que explicaria os resultados.

Outro resultado relevante é que a Superfície 8 produziu níveis de vibração estatisticamente maiores que a Superfície 7, sugerindo que a orientação do padrão em espinha de peixe (90 e 45 graus, respectivamente) é um fator importante.

Resultados consistentes foram encontrados entre as Superfícies 2 e 6, que tinham as mesmas alturas de chanfro (0 mm), porém a Superfície 6 apresentou vibração maior devido à sua orientação no padrão de assentamento a 45 graus.

Os resultados da cadeira de rodas motorizada elétrica foram semelhantes aos da cadeira manual na velocidade de 1 m/s. Apenas as superfícies 4 e 7 produziram níveis de vibração estatisticamente mais altos do que a superfície padrão 1.

No entanto, a 2 m/s todas as superfícies produziram níveis de vibração estatisticamente mais baixos do que a superfície de concreto moldado no local (referência). A maior velocidade da cadeira e sua reação aos picos agudos de vibração causados pelos espaços nas superfícies podem explicar os resultados obtidos nas tentativas na velocidade de 2 m/s. Outra possível explicação pode ser devido à aceleração anterior-posterior da própria cadeira ao se aproximar de uma velocidade constante. Na velocidade de 2 m/s, as superfícies não eram longas o suficiente para a cadeira atingir a velocidade constante durante todo o ensaio.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados do estudo da Universidade de Pittsburgh e com o objetivo de proporcionar o melhor conforto de rolamento em calçadas, a recomendação da Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP, é que sejam utilizadas peças de concreto sem chanfro ou com chanfro total de até 4 mm.

O padrão de assentamento escolhido deve ser preferencialmente em espinha de peixe a 90°, em relação à direção preferencial do percurso com cadeiras de rodas.

Vale ressaltar que a execução correta do pavimento é essencial para garantir o conforto de rolamento adequado e para isso devem ser atendidos os requisitos descritos na ABNT NBR 15953 – Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRADE NORMAS TÉCNICAS. **Peças de Concreto para Pavimentação Especificação** – NBR 9781. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Pavimento intertravado com peças de concreto – Execução.** NBR 15938. Rio de Janeiro, 2011.

Faria, M. R de. Vibração transmitida a cadeirantes através do deslocamento sobre determinados tipos de calçadas — Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. 121p. Uberlândia-MG, 2015.

WOLF, E., PEARLMAN, J., COOPER, R. A., FITZGERALD, S. G., KELLEHER, A., COLLINS, D. M., BONINGER, M. L., COOPER, R. COLLINS, D., BONINGER, M. L., COOPER, R., SMITH, D. R. **Vibrations exposure of individuals using wheelchairs over concrete paver surfaces.** International Conference on Concrete Block Paving. São Francisco, 2006.









