

5º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 3

PERSONAL SPACE – APLICAÇÃO DO CONCEITO NA DETERMINAÇÃO DOS
NÍVEIS DE SERVIÇO EM SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE
PASSAGEIROS

INTRODUÇÃO

Com o aumento do número de pessoas que vivem em áreas urbanas, a demanda e a necessidade por transportes de alta capacidade só faz aumentar. Essa necessidade, quando não atendida eficazmente, quase sempre se torna um problema de excesso de lotação em trens e plataformas, com consequências adversas para a rapidez, o conforto e a segurança dos passageiros. Diante desse fato, o trabalho procura mostrar a importância do conceito de *personal space – espaço pessoal* – na determinação e avaliação dos níveis de serviço oferecidos aos passageiros de redes de transporte público urbano de passageiros, notadamente os sistemas metroferroviários, e especificamente o Metrô São Paulo (MSP). Isso se mostra crucial, tanto para as redes em operação, como para projetos de redes futuras.

No caso específico do MSP, a preocupação com a rapidez, o conforto e a segurança é fruto da importância que os passageiros dão a esses três atributos do serviço, expressa nas pesquisas internas de avaliação dos serviços.

Quadro 1 - Priorização dos Serviços por Atributos 2016 e 2017. Fonte: MSP



Garantir um bom fluxo e uma boa distribuição dos passageiros, nos trens e plataformas, é essencial para alcançar operações de transporte de redes metroferroviárias mais seguras e eficientes, e pode ser um fator determinante para a satisfação do passageiro.

Fruin (1970), diz que *“é evidente que o espaço individual é um aspecto importante da atividade do pedestre e um meio satisfatório de avaliar o padrão de qualidade e nível de serviço”*. Ele salienta que, *“a oferta de serviço adequada aos passageiros passa pela consideração de um espectro completo de fatores físicos e psicológicos humanos”*. Esse espectro, com origens na analogia ao comportamento e espaçamento entre animais, foi e continua sendo fundamental para o desenvolvimento e aplicação do conceito de *nível de serviço*, traduzido do acrônimo LOS (Level of Service), em sistemas de transporte público urbano de passageiros, notadamente nos sistemas metroferroviários.

A problemática que procuramos tratar aqui, objetiva estabelecer níveis de serviço em regiões de plataforma e no interior dos trens, expressos em densidade (pessoas em pé por metro quadrado), baseados nas características antropométricas e na síntese de diferentes níveis de ocupação do corpo humano, em que uma gama de densidades implicaria em vários níveis de serviço, expressos na facilidade de movimento e conforto dos passageiros. Este conceito é semelhante aos padrões de nível de serviço desenvolvidos por engenheiros de tráfego para o fluxo de veículos em rodovia.

No MSP, os primeiros estudos relativos ao padrão de densidade de passageiros em pé (também chamado de padrão de lotação, ou de conforto) foram realizados a partir de subsídios fornecidos pelo Metrô da Cidade do México, em 1974, e dos trabalhos de John J. Fruin (1970; 1971).

Fruin (1970) dizia que *“pouca atenção é dada ao fornecimento de áreas adequadas para os pedestres à espera, ou para assegurar que estes não impeçam o fluxo de outros”*. Com base nas características antropométricas das pessoas (elipse do corpo – body ellipse), nas condições de circulação e nos fatores psicológicos das pessoas em aglomerações, Fruin estabeleceu seis níveis de serviço, em função da área disponível por pessoa (espaço para passageiros em pé), visualizada na figura 1, a seguir.

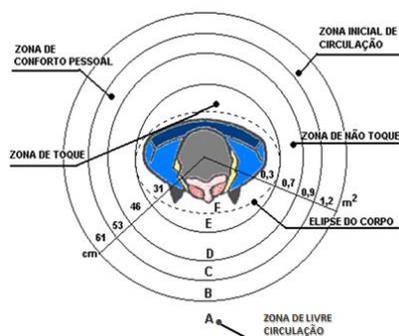


Figura 1 - Diagrama dos Níveis de Serviço (adaptado de John J. Fruin, 1970; 1971)

O propósito do estudo de Fruin foi desenvolver uma série de desenhos padrões de níveis de serviço para pedestres, baseados na evolução qualitativa e quantitativa do uso de passarelas, escadas fixas, escadas rolantes, esteiras rolantes e áreas de filas. Padrões de filas, diz Fruin, são baseados na síntese de diferentes níveis da ocupação da área humana e numa avaliação da capacidade de circulação dentro da fila e fatores psicológicos, onde aplicados.

DIAGNÓSTICO

O presente trabalho está dividido em três seções. Em primeiro lugar, apresentamos o conceito de *personal space* (espaço pessoal) sob a ótica de diversos autores e estudiosos do assunto. Em segundo lugar, trazemos o conceito de antropometria do corpo humano e suas dimensões, que estão na base da definição e aplicação do conceito de níveis de serviço em sistemas de transporte urbano de passageiros. Por fim, será apresentado o conceito de nível de serviço e sua aplicação nos transportes públicos urbanos de passageiros, notadamente os metroferroviários e principalmente no Metrô São Paulo – MSP.

1. O CONCEITO DE PERSONAL SPACE – ESPAÇO PESSOAL

1.1. Revisão da literatura

Personal Space – Espaço Pessoal – foi o nome atribuído ao conceito desenvolvido para tratar *distâncias*, e tem suas raízes em estudos com animais, em especial no trabalho de etólogos e zoólogos como David Katz e Heini Hediger. O conceito também é usado em muitos outros domínios, como antropologia, sociologia e arquitetura.

Em sua definição mais simples, espaço pessoal é simplesmente o espaço “portátil” que o indivíduo possui, e que tem a função de preservar a intimidade. Tal espaço varia de acordo com diversos fatores individuais e culturais e pode ser observado apenas quando o indivíduo se socializa, ou seja, quando entra em contato com os outros.

Os seres humanos valorizam o espaço pessoal. Se existir liberdade de escolha, as pessoas adotarão o espaçamento pessoal que evita o contato com outras pessoas, exceto em circunstâncias especiais, como em um **carro de metrô lotado**, onde essa lei não escrita pode ser suspensa temporariamente.

Nesses ambientes lotados, o comportamento das pessoas requer códigos de conduta especiais para sinalizar que não há intenção de intimidade indesejada. Assim, nesses ambientes, podemos observar as pessoas dobrando os braços, ou colocando mochilas e bolsas na frente do corpo para aumentar o espaço pessoal. Esse contato involuntário com os outros, é psicologicamente perturbador para muitas pessoas. Nessa situação, o contato inevitável com os outros causa desconforto físico e psicológico e, em grandes aglomerações, existe potencial para o estresse e para o pânico.

Em 1937, David Katz (*“Animals and Men”*), psicólogo experimental associado às universidades de Göttingen, Rostock e Estocolmo, cunhou o termo espaço pessoal, e fez comparação com a *concha de um caracol*.

Em 1938, William Stern (*“General Psychology”*), psicólogo e filósofo alemão, desenvolveu o conceito de mundo pessoal. Stern ficou conhecido como pioneiro no campo da psicologia da personalidade e da inteligência. Foi o inventor do conceito do *quociente de inteligência*, ou **QI**. Ele observou que o mundo físico não tinha um centro, mas o mundo pessoal sim. O

mundo pessoal tinha um centro natural a partir do qual, e para o qual, tudo o que pertence a ele se estende. Este centro é a própria pessoa, sobre a qual está orientado o mundo pessoal. A analogia de Stern, para com a concha de caracol de Katz, foi descrever o “pessoalmente perto” como uma “aura” em torno da pessoa.

Em 1957, Von Uexküll (“*A Stroll through the Worlds of Animals and Men, in Instinctive Behavior*”) fez a analogia do espaço pessoal com a de indivíduos cercados por *mundos de bolha de sabão*.

Em 1950, Heini Hediger (“*Wild Animals in Captivity*”), biólogo suíço, ficou conhecido como o pai da *zoobiologia* por trabalhar com comportamento animal. Ele descreveu os aspectos mais importantes da *territorialidade* e explicou sucintamente os mecanismos pelos quais ela opera. Territorialidade, diz ele, assegura a propagação da espécie, regulando *densidade*. Em adição ao território, que é identificado com um lote particular de terra, cada animal é rodeado por uma série de *balões* ou *bolhas* de forma irregular, que servem para manter o espaçamento adequado entre os indivíduos. Descreveu uma série de distâncias de interação padrão utilizadas, de uma forma ou outra, entre animais. Duas destas distâncias – *distância de vôo* e *distância crítica* – são usadas quando os indivíduos de *diferentes espécies* se encontram; ao passo que *distância pessoal* e *distância social* podem ser observadas durante as interações entre os membros da *mesma espécie*. Assim:

- *Distância de vôo*: Distância de vôo é o termo de Hediger para o mecanismo de espaçamento entre espécies. Na distância de vôo, qualquer pessoa observadora nota que um animal selvagem permitirá que um homem ou outro inimigo potencial o aborde apenas até uma determinada distância antes que ele fuja.

- **Distância Crítica:** A distância crítica está presente onde e quando há uma reação de fuga. Ela engloba a zona estreita separando a distância de vôo da distância de ataque. Um leão em um zoológico fugirá de um homem se aproximando, até que encontre uma barreira intransponível. Se o homem continuar a abordagem, ele logo penetrará na distância crítica do leão, altura em que o leão, encurralado, inverte a direção e começa lentamente a perseguir o homem.
- **Distância pessoal:** A distância pessoal é o termo aplicado por Hediger ao espaçamento normal que os animais de não contato mantêm entre si e seus companheiros. Esta distância atua como uma *bolha invisível* que circunda o organismo.
- **Distância Social:** Animais sociais precisam ficar em contato uns com os outros. Perda de contato com o grupo pode ser fatal, por uma variedade de razões, incluindo a exposição aos predadores. A distância social não é simplesmente a distância em que um animal perde o contato com o seu grupo, isto é, a distância em que ele não pode mais ver, ouvir ou sentir o cheiro do grupo, é antes, uma distância psicológica, em que o animal aparentemente começa a se sentir ansioso, quando ele excede seus limites. A distância social varia de espécie para espécie e não é rigidamente fixa. Para documentar isso no homem, temos apenas que assistir a uma família com um número de crianças pequenas, que são seguras pelas mãos, quando atravessam uma rua movimentada. A teoria da distância social de Hediger foi usada como base para a teoria antropológica da distância social de Edward T. Hall, em 1966.

Em 1966, o antropólogo americano Edward T. Hall (*"The Hidden Dimension"*) cunhou o termo *proxêmica*, de *proximidade*, para o estudo de relações espaciais em seres humanos. Ele foi um dos pioneiros no estudo das necessidades espaciais do homem. Sua pesquisa neste campo levou a uma nova compreensão sobre nossas relações com os outros.

Em seu livro, Hall observa que estudos comparativos de animais ajudam a mostrar como os requisitos de espaço do homem são influenciados pelo ambiente. Pela utilização de animais é possível acelerar o tempo, uma vez que as gerações de animais são relativamente curtas. Um cientista pode, em quarenta anos, observar quatrocentos e quarenta gerações de ratos, enquanto ele teria observado, no mesmo espaço de tempo, apenas duas gerações de sua própria espécie. Em seu estado natural, eles respondem de forma surpreendentemente consistente, de modo que é possível observar desempenhos repetidos e praticamente idênticos. Ao restringir nossas observações à forma como os animais lidam com o espaço, é possível apreender uma quantidade incrível que é traduzível para termos humanos.

Ele discutiu o espaço pessoal como uma *bolha invisível e redonda*, que circunda um indivíduo. Para Hall, o homem tem uma maneira uniforme de manusear a distância dos companheiros. Ele descreveu essa distância como tendo quatro tamanhos básicos, que chamou de *zonas proxêmicas*. Essas distâncias são invisíveis e servem para manter o espaçamento adequado entre os indivíduos. Em seu trabalho *"Silent Language"* (1959), trabalhando com o cientista de linguística George Trager, Hall observou mudanças na voz associada a alterações na distância e que isso poderia estar dentro de alguns padrões. O procedimento para descobrir esses padrões foi: enquanto Trager ficava parado, Hall falava com ele a diferentes distâncias. O resultado gerou oito distâncias, descritas no final do

capítulo dez do *"The Silent Language"*. Porém, a observação dos seres humanos em situações sociais, convenceu Hall de que estas oito distâncias eram excessivamente complexas. Hall (1966), então, reduziu de oito para quatro distâncias, que ele achava suficiente. Hall as denominou: distância íntima; distância pessoal; distância social e distância pública, e para cada uma delas selecionou duas fases, uma próxima e outra distante.

- Distância Íntima: nessa distância, a presença da outra pessoa é inconfundível e às vezes pode ser esmagadora devido às entradas sensoriais grandemente aceleradas. A visão (muitas vezes distorcida), o olfato, o calor do corpo da outra pessoa, o som, o cheiro, e a sensação da respiração, tudo combinado para sinalizar envolvimento inconfundível com outro corpo. Na fase próxima, a distância é menor do que 15 cm. Na fase distante, a distância vai de 15 a 46 cm.
- Distância pessoal: foi o termo usado originalmente por Hediger para designar a distância que separa os membros de forma consistente de espécies de *não contato*. Hall diz que *"ela pode ser pensada como uma esfera de proteção pequena, ou bolha, que um organismo mantém entre si e os outros"*. Na fase próxima, a distância vai de 46 a 76 cm. Na fase distante, a distância vai de 76 cm a 1,22 metros.
- Distância social: essa distância (linha de fronteira entre a fase distante da distância pessoal e a fase estreita da distância social) marca, nas palavras de um sujeito, o "limite de dominação". Na fase próxima, a distância vai de 1,2 a 2,1 metros. Na fase distante, a distância vai de 2,1 a 3,7 metros.
- Distância pública: várias mudanças sensoriais importantes ocorrem na transição da distância pessoal e social para a distância pública, que é bem fora do círculo de

envolvimento. Na fase próxima, a distância vai de 3,7 a 7,6 metros. Na fase distante, a distância é de 7,6 metros, ou mais.

Hall dizia que, *“a capacidade de reconhecer essas várias zonas de envolvimento e as atividades, relações e emoções associadas a cada uma tornou-se extremamente importante. Se, contudo, vê-se o homem rodeado por uma série de bolhas invisíveis que têm dimensões mensuráveis, a arquitetura pode ser vista de uma nova luz. Quando aumenta o estresse, a sensibilidade à aglomeração sobe – as pessoas ficam mais na borda – de modo que mais e mais espaço é necessário, à medida que é cada vez menos disponível”*.

Em 1964, Horowitz, Duff e Straton introduziram o termo *Body Buffer Zone* – *zona tampão; ou zona de segurança; ou zona de pára-choque do corpo*, com um significado muito semelhante ao do espaço pessoal, que pode ser usado como um sinônimo. No *“The Body Buffer Zone”*, de Horowitz M. S., de 1964, as áreas das zonas pessoais selecionadas por pessoas normais e anormais foram definidas através de métodos de experimentação. O experimento da zona tampão humana por Horowitz foi composto de duas partes, sendo a primeira composta de observação de distâncias de abordagem natural para indivíduos masculinos e femininos sem ênfase no conforto pessoal, e a segunda, em que foram enfatizados os critérios de conforto pessoal. No segundo caso, os indivíduos foram instruídos de que a distância entre eles era para ser regulada até o ponto em que algum desconforto pessoal na proximidade com a outra pessoa fosse experimentado. No primeiro caso, em que o critério de conforto pessoal não foi salientado, a zona tampão variou entre 0,22 e 0,26 m². No segundo caso, onde o conforto pessoal foi enfatizado, uma maior variação das zonas tampão foram descobertas, com ambos, homens e mulheres, selecionando maiores

distâncias de conforto, quando da proximidade de pessoas do sexo masculino. A zona tampão masculina variou entre uma área de 0,74 a 0,84 m², e a zona feminina variou de uma área de 0,37 a 0,46 m². A zona maior, proporcionada quando da presença de indivíduos do sexo masculino, foi interpretada pelos psiquiatras como um reconhecimento natural, inerente da maior agressividade masculina.

Em 1969, Robert Sommer, (*"The Behavioral Basis of Design"*), psicólogo americano, se concentrou em como a concepção e os dispositivos móveis influenciam o comportamento social. Sommer acredita que um ambiente deve contribuir para o conforto do indivíduo e da eficiência da tarefa dentro de um determinado espaço. Ele descreve o espaço pessoal como *"uma área com fronteiras invisíveis ao redor do corpo da pessoa, dentro da qual, intrusos não podem entrar"*. O espaço pessoal, para Sommer, é um "território portátil" que o indivíduo carrega com ele, onde quer que ele vá.

Sommer (1969), discordando de Hall, descreve o espaço pessoal como não sendo especificamente em forma circular, ou redondo, e que pode não ser estendido igualmente em todas as direções do corpo. No entanto, Sommer está de acordo com Hall, no que diz respeito de que existem diferenças culturais entre as distâncias que as pessoas mantêm entre si.

O espaço pessoal, para Sommer, é similar à distância individual. Ao manter o espaço pessoal e protegê-lo da invasão, muitos mecanismos de defesa podem ser usados. Porque os limites do espaço pessoal são invisíveis, as pessoas devem usar gestos, posturas e locais específicos para expressar o significado para os outros. Em espaços públicos, as pessoas podem manter uma postura rígida e abaixar os olhos para afastar qualquer interação. Ele oferece o seguinte

exemplo: *"Durante a hora de 'rush', os passageiros no metrô baixam os olhos e às vezes 'congelam', ou se tornam rígidos como uma forma de minimizar relações indesejadas"*.

O comportamento observado em animais, e também reconhecido em seres humanos, sugere que a distância individual é aprendida durante os primeiros anos de desenvolvimento. Sommer chama a atenção para as várias distinções entre os conceitos de espaço pessoal e território. A diferença mais importante, para ele, é que o espaço pessoal é móvel, enquanto o território é relativamente estacionário (*"o homem normalmente marca os limites de seu território para que eles sejam visíveis para os outros, mas os limites do espaço pessoal são invisíveis"*). O espaço pessoal tem o corpo como seu centro, enquanto o território não. Segundo Sommer, um método para lidar com o espaço pessoal violado é a desumanização. Ele argumenta que, no **metrô lotado**, as pessoas muitas vezes imaginam aqueles que se intrometem em seu espaço pessoal como seres *inanimados*.

Em 1991, Adams e Zuckerman conduziram uma pesquisa com participantes em pé, e sugeriram que as bolhas do espaço pessoal não são redondas, mas maiores na parte traseira e nas laterais do que na frente. Esta descoberta sugere que as bolhas espaciais pessoais não são redondas como na pesquisa de Hall, mas são mais irregulares.

Outras pesquisas sugerem que a bolha do espaço pessoal não é circular, mas elíptica, por isso toleramos mais quando as pessoas se aproximam de nós pela parte lateral, do que pela parte frontal ou pelas costas.

Em 1996, Paul A. Bell et al, define que o espaço pessoal é uma *'... fronteira portátil e invisível, que nos rodeia, para que outros não transgridam. Ela regula o quão perto nós interagimos com os outros, se move com a gente, e se expande e contrai de acordo com a*

situação em que nos encontramos’. É muitas vezes descrita como sendo quase circular, mas com mais espaço na frente do que atrás.

Em 2004, Allan e Barbara Pease afirmam que, como a maioria dos animais, cada ser humano tem sua própria *"bolha de ar portátil"*, que é carregada com ele. Seu tamanho depende da densidade da população no local onde ele cresceu. Segundo os autores, espaço pessoal é determinado culturalmente. Onde algumas culturas, como as japonesas, estão acostumadas a se aglomerar, outras preferem os "espaços abertos" para manter sua distância.

1.2.3. O que mostram as pesquisas atuais sobre o espaço pessoal

O comportamento espacial humano tem sido o foco de centenas de estudos de pesquisa anteriores. Dependendo do país que você estiver, esse espaço pessoal pode variar.

Um novo estudo realizado em 2017, chamado *"Preferred Interpersonal Distances: A Global Comparison"*, divulgado no Journal of Cross-Cultural Psychology (International Association for Cross-Cultural Psychology), revela que as normas culturais, gênero, idade e até clima podem desempenhar um papel nessas preferências.

Na pesquisa, os estudiosos buscaram entender qual a menor distância suportada, de forma confortável, por cidadãos de 42 países. Aos 8.943 entrevistados, foi perguntado a que proximidade eles ficariam desconfortáveis de um amigo, de um conhecido e de um estranho. Os resultados descobriram que o país onde os participantes desejavam a maior distância de um estranho era a Romênia, com o nível de conforto a uma distância aproximada de 140 cm, seguido da Hungria, com uma distância aproximada de 131 cm.

Enquanto isso, os participantes da Argentina e do Peru eram os mais confortáveis perto de estranhos, a distâncias de 77 cm e 80 cm, respectivamente.

Embora o estudo dependa dos julgamentos dos participantes sobre o espaço pessoal, em vez de observações comportamentais, ele ainda fornece um olhar fascinante sobre como essas preferências podem variar em todo o mundo.

▪ **Nacionalidades que mais precisam de espaço pessoal:**

1. Romênia = 140 cm
2. Hungria = 131 cm
3. Arábia Saudita = 127 cm
4. Turquia = 123 cm
5. Uganda = 122 cm

▪ **Nacionalidades que se sentem confortáveis com pequeno espaço pessoal:**

1. Argentina = 77 cm
2. Peru = 80 cm
3. Bulgária = 81 cm
4. Ucrânia = 86 cm
5. Áustria = 88 cm

A pesquisa mostrou que, a distância preferida variou de acordo com o gênero e a média de temperatura do país, indicando que mulheres e pessoas em países mais frios se sentem mais confortáveis com maiores distâncias dos estranhos. Além disso, a idade e gênero também justificam alguns resultados. A pesquisa considera que, “pessoas mais velhas e mulheres preferem ficar mais distantes dos apenas conhecidos”. No caso dos amigos, a distância foi explicada por idade e temperatura, “pessoas mais velhas e moradores de países mais quentes preferem maior distância com pessoas que consideram próximas”.

Apesar de sermos considerados bem amigáveis, os **brasileiros** preferem manter uma distância de 101 centímetros dos desconhecidos, e 78 centímetros dos apenas conhecidos.

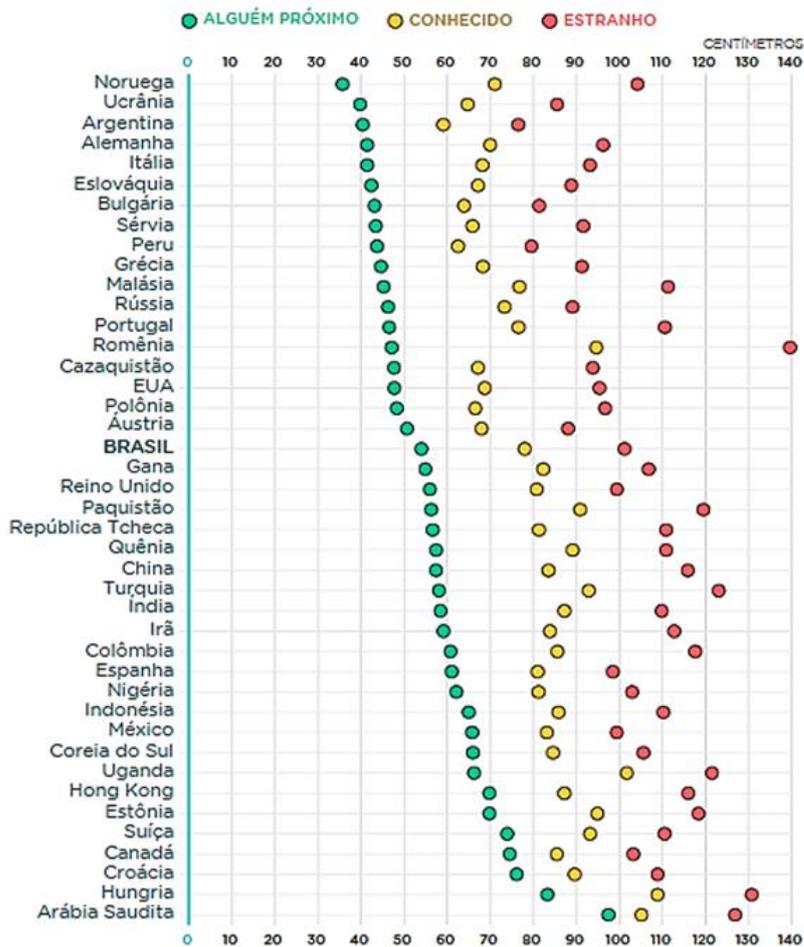


Figura 2 - Preferência das Distâncias Interpessoais (foto: Pixabay).

Fonte: *“Preferred Interpersonal Distances: A Global Comparison”*, Journal of Cross-Cultural Psychology (International Association for Cross-Cultural Psychology), 2017.

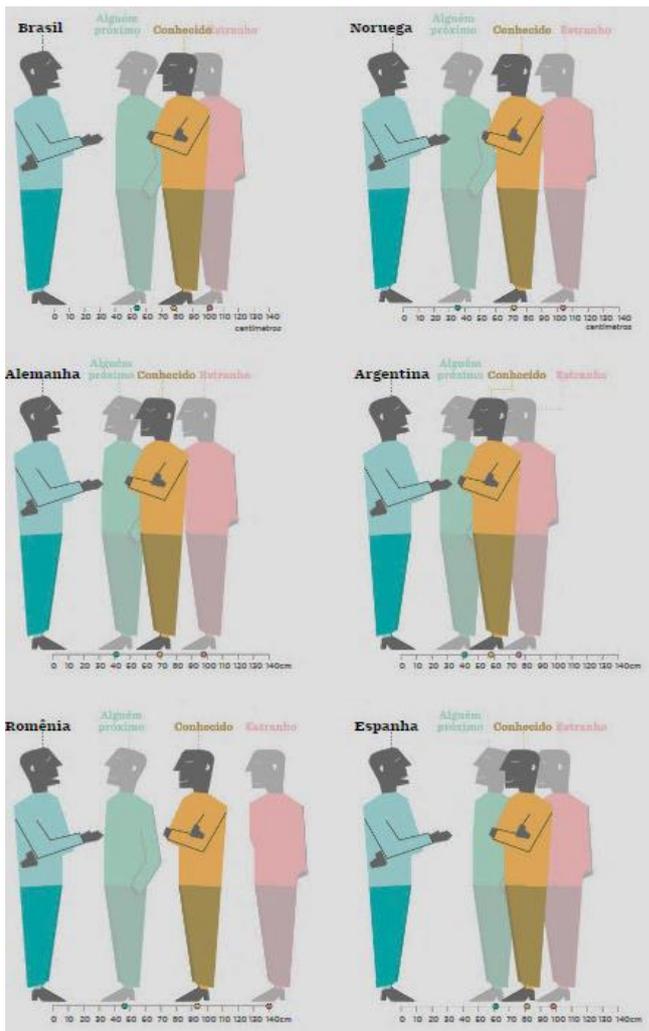


Figura 3 - Preferência das Distâncias Interpessoais (Foto: Pixabay)

Fonte: “Preferred Interpersonal Distances: A Global Comparison”, Journal of Cross-Cultural Psychology (International Association for Cross-Cultural Psychology), 2017.

Assim, pelas figuras acima, vemos que o espaço pessoal é determinado culturalmente. Onde algumas culturas, como os argentinos, se sentem confortáveis com pequeno espaço pessoal, outras como os romenos, preferem maiores espaços pessoais.

2. AS DIMENSÕES HUMANAS

O estudo das dimensões do corpo humano, em uma base comparativa, é conhecido como *antropometria*. Precursor nestas obras foi o matemático belga **Quetlet**, reconhecido pela descoberta e estruturação desta ciência, e que em 1870 publicou seu *Antropometria* (Panero e Zelnik, 1984).

Na era artesanal, cada instrumento de trabalho e objeto de uso cotidiano era conformado para as medidas do usuário. A industrialização rompeu esta prática. A produção industrial exige a uniformidade das formas e medida, para sua produção em série, e busca a síntese de poucos padrões dimensionais para conter toda a gama de variações individuais.

Com isso, cada pessoa se torna um anônimo na multidão, principalmente quando em um sistema de transporte de alta capacidade, como os metroferroviários, onde isso ainda é mais verdadeiro. Assim, como conciliar as necessidades de cada um e de todos em geral, de acordo com as características físicas e necessidades de espaço de cada um?

A antropometria é a tecnologia que trouxe a solução para esse impasse. Ela trata das medidas físicas do corpo humano. A adequação dessas medidas, ao espaço disponível para as pessoas, tem influência direta na qualidade do serviço, ou do produto oferecido. No caso dos transportes de massa, a falta dessa adequação favorece a ocorrência de apinhamento e acidentes, levando os passageiros ao desconforto físico e psicológico, e muitas vezes ao estresse e ao pânico.

Normalmente, os limites antropométricos do corpo humano são apresentados em termos de percentis. Por isso, deve-se ter consciência de três fatores importantes:

- a) os percentis antropométricos de uma medida referem-se somente a ela;

- b) não existe o indivíduo cujas medidas corporais pertençam a um único percentil.
- c) não existe um homem médio.

Um grave erro no uso da antropometria é entender que os valores correspondentes ao 50º percentil, das variáveis antropométricas apresentadas em uma tabela, representam as medidas de um "homem médio" e, assim, projetar de maneira a acomodar unicamente este percentil. Por isso, segundo Panero e Zelnik (1984), o conceito de "homem médio" é fundamentalmente incorreto, pois tal "homem" não existe.

2.1. As dimensões do corpo humano – A elipse do corpo

No livro *Pedestrian Planning and Design*, Fruin (1971) afirma que a profundidade do corpo (body depth) e a largura do ombro (shoulder breadth) são as principais medidas humanas usadas pelos projetistas de espaços e instalações para pedestres.

Essas duas dimensões do corpo humano também são as principais dimensões quando falamos em nível de serviço, ou nível de conforto, para passageiros em pé nos sistemas metroferroviários, notadamente no MSP.

Damon (1966, apud Fruin 1970; 1971) compilou dimensões do corpo de um grande número de estudos de fatores humanos. Ele recomendou o uso de uma largura do ombro de 52,6 centímetros para o 99º percentil de homens civis, com a adição de 3,8 centímetros de roupas pesadas, perfazendo um total de 56,4 centímetros de largura do ombro.

Em outro estudo, com trabalhadores em roupas de trabalho, ele chegou às dimensões de 57,9 centímetros para a largura do ombro e 33,0 centímetros para a profundidade do corpo, para o 95º percentil.

Fruin (1970), afirma que, “visto de cima, a configuração do plano das dimensões do corpo humano, de um adulto masculino médio, pode ser visualizado para se encaixar em uma elipse de 30 cm por 56 cm”, o que gera uma área da elipse do corpo (body ellipse) de, aproximadamente, 0,14 m² por pessoa. Ele também cita que um manual do Exército dos Estados Unidos, para o projeto de sistemas de comunicações, recomenda o uso de dimensões espaciais de trabalho móveis para o corpo humano de 61 cm para a largura dos ombros e 46 cm de profundidade do corpo, o que gera uma body ellipse com área de 0,22 metros quadrados, conforme visualizada a seguir.

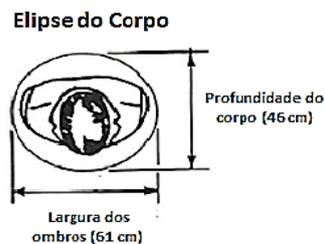


Figura 4 - Desenho esquemático da Body Ellipse do corpo. Fonte: Fruin (1970; 1971)

Uma elipse com as mesmas dimensões foi utilizada para dimensionar a capacidade dos carros do metrô de Nova York (Cohen, 1968, apud Fruin, 1970; 1971). Esta elipse permite que muitos pedestres carreguem artigos pessoais e mantenham preferências psicológicas naturais, para evitar o contato corporal com os outros, e também permite uma pequena oscilação corporal. Embora a posição de pé seja geralmente considerada uma atividade estática, ela tem sido denominada “movimento do corpo em uma base estacionária”, porque o balanço do corpo é necessário para auxiliar no retorno do sangue ao cérebro e no repouso dos músculos das pernas.

Medidas Internacionais

Uma das tabelas de medidas antropométricas mais completas que se conhece consta da norma alemã **DIN 33402**, estabelecida em junho de 1981. As principais medidas dessa norma são apresentadas por IIDA (2005) e podem ser visualizadas na Figura 5, com seus respectivos valores mostrados na Tabela 1, a seguir.

As medidas de profundidade do corpo e largura dos ombros aparecem com a numeração 1,8 e 1,9, respectivamente. Para a profundidade do corpo, a tabela aponta 35,7 cm para as mulheres e 31,8 para os homens e para a largura dos ombros, temos 38,8 cm para as mulheres e 42,8 para os homens, dadas para o 95% percentil.

Uma medida que nos chamou atenção foi a 2,12, que mede a largura entre os cotovelos, na posição sentada. Essa medida é similar à medida da largura dos ombros, em posição sentada, vista em outros autores, como Panero e Zelnik (1996).

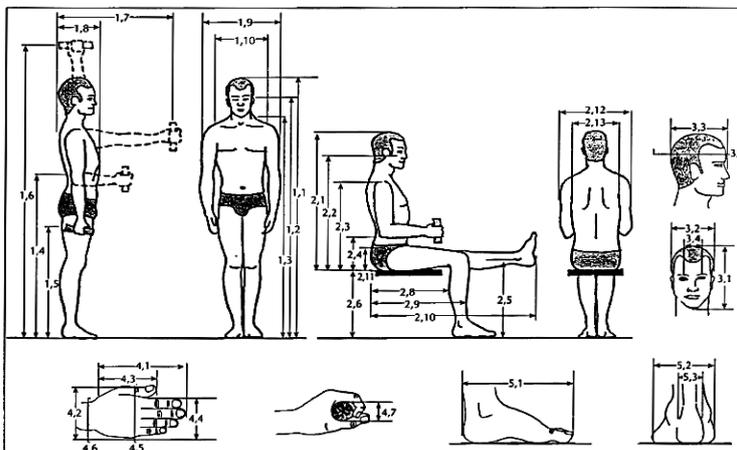


Figura 5 - Medidas antropométricas - Norma DIN 33402. Fonte: IIDA (2005)

Tabela 1 - Medidas antropométricas – Norma DIN 33402. Fonte: Ilda (2005)

Medidas antropométricas (cm) para o 95º percentil	Mulheres	Homens
1,8 - Profundidade do corpo (em pé)	35,7	31,8
1,9 - Largura dos ombros (em pé)	38,8	42,8
2,12 - Largura entre os cotovelos (sentado)	54,4	51,2

Panero e Zelnik (1996) também apresentam várias medidas para a largura dos ombros (posição sentada) e profundidade do corpo (posição em pé). Esses autores argumentam também, que a largura dos ombros não é a dimensão crítica correta a ser usada. A dimensão correta a ser usada seria a largura máxima do corpo, na posição em pé. Para a largura máxima do corpo, os autores chegaram a 65,5 cm, e para a profundidade máxima do corpo chegaram a 36,8 cm. Essas medidas foram obtidas com uma tolerância de 7,6 cm para roupas pesadas na largura máxima do corpo e de 3,8 cm para a profundidade máxima do corpo, para o 95º percentil.

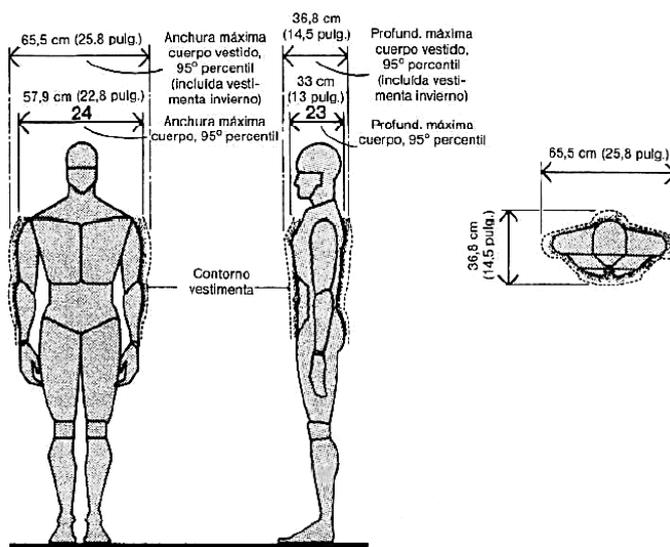


Figura 6 - Largura e profundidade máximas do corpo. Fonte: Panero e Zelnik (1996)

Outro autor, Keith Still (2000), professor de ciência da multidão na Universidade Metropolitana de Manchester (UK), apresenta medidas da média e máxima mundial para o espaço ocupado pelo corpo das pessoas – *body space* – (largura dos ombros x profundidade do corpo). Para a média mundial, temos 45,58 cm x 28,30 cm, e para a máxima mundial, temos 51,50 cm X 32,5 cm. Esses *body spaces* são calculados usando a elipse do corpo, que inclui algum espaço em torno da pessoa. O valor intermediário dessas medidas fica próximo da medida de 61 cm x 48 cm, adotada por Fruin (1970; 1971).

Medidas brasileiras

Segundo a Norma Brasileira **NBR 9050 (2004)**, em média, uma pessoa sem órtese¹ necessita de 60 cm de diâmetro para se deslocar em seu próprio eixo, sem obstáculos. Essa medida fica muito próxima da largura do ombro, na elipse adotada por Fruin (1970; 1971), com aproximadamente 61 centímetros.

O trabalho mais abrangente para medidas brasileiras, que encontrei nas pesquisas para o presente trabalho, se refere ao realizado pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT), que realizou em 1988 um levantamento antropométrico em 26 empresas industriais do Rio de Janeiro, abrangendo 3.100 trabalhadores (só homens adultos), dividido em duas partes.

Tabela 2 - Medidas antropométricas brasileiras. Fonte: INT, 1988

Medidas antropométricas (cm) para o 95º percentil	Homens
1,8 - Profundidade do corpo (sentado)	27,5
1,9 - Largura dos ombros (sentado)	49,8
2,12 - Largura entre os cotovelos (sentado)	53,1

¹ Órtese é qualquer aparelho externo para imobilizar ou auxiliar os movimentos dos membros ou da coluna vertebral.

Comparando-se as medidas da Norma alemã DIN 33402, com as do INT (medidas de mesma numeração), constata-se que as medidas apresentam valores ligeiramente diferentes. Parte dessas diferenças pode ser explicada pela época em que as medidas foram realizadas. Além disso, existem duas outras fontes de variações que podem ser mais significativas. Uma delas é o critério de amostragem, que pode variar significativamente de uma amostragem para outra. Outra é a posição do corpo, que pode ser em pé ou sentado, ereto ou relaxado.

3. NÍVEIS DE SERVIÇO - LOS

3.1. Origem do conceito

O conceito de nível de serviço foi introduzido pela primeira vez por engenheiros de tráfego para estabelecer a filosofia de que, o design de capacidade, ou a oferta do espaço da estrada, baseado no pressuposto de se atingir o fluxo veicular máximo absoluto, não era desejável para todas as estradas e poderia, de fato, resultar em congestionamento planejado. Por esta razão, tentativas foram feitas nos primeiros estudos de engenharia de tráfego para definir diferentes padrões, com base numa avaliação qualitativa de características do fluxo de tráfego (Fruin, 1970).

Tudo começou nos idos de 14 de abril de 1941, quando o presidente Franklin D. Roosevelt nomeou um comitê para esboçar e recomendar um sistema limitado de rodovias nacionais projetadas para fornecer uma base para a melhoria do transporte inter-regional. O objetivo inicial do Comitê foi produzir um documento que poderia ser usado pelos profissionais para estimar a capacidade de vários tipos de instalações rodoviárias. Em 1944, o Conselho de Pesquisa de Estradas estabeleceu o Comitê de Capacidade Rodoviária. O objetivo inicial do

Comitê foi produzir um documento que poderia ser usado pelos profissionais para estimar a capacidade de vários tipos de instalações rodoviárias. Esse documento foi o *Highway Capacity Manual de 1950 – HCM 1950*.

O HCM 1950 foi um enorme sucesso. Tornou-se o método padrão para a análise da capacidade rodoviária nos Estados Unidos e também foi traduzido para outras nove outras línguas para uso em todo o mundo. O HCM 1950 tratou a capacidade sob uma série de condições. Para tanto, foram definidos três níveis de capacidade:

- *Capacidade Básica*: o número máximo de automóveis de passageiros que podem passar um determinado ponto em uma pista ou calçada durante uma hora, sob as condições de trânsito mais ideais que possam ser atingidas.
- *Capacidade Possível*: o número máximo de veículos que podem passar por um determinado ponto em uma pista ou calçada durante uma hora, sob as condições predominantes da estrada e do trânsito.
- *Capacidade Prática*: o número máximo de veículos que podem passar por um determinado ponto em uma estrada ou em uma faixa designada durante uma hora, com a densidade de tráfego sendo tão grande que causa atrasos, perigo ou restrição irracional à liberdade de condução, sob as condições predominantes da estrada e do trânsito.

A Segunda Edição do *Highway Capacity Manual* foi a edição de 1965, publicada em 1966. Nela ficou definido apenas um único tipo de capacidade, para cada tipo de rodovia, e também foi introduzido o conceito de *nível de serviço*, usando uma designação "A" até "F".

As descrições dos níveis de serviço definidos foram as seguintes:

- *Nível de serviço "E"* – pretendia replicar a noção de "capacidade possível", conforme definido no *Highway Capacity Manual de 1950*.
- *Nível de serviço "D"* – pretendia refletir os níveis máximos de volume de serviço sustentáveis que estavam sendo observados em situações cotidianas. Isso foi particularmente focado nas observações de Karl Moskowitz nas freeways da Califórnia.
- *Nível de serviço "C"* – pretendia replicar a noção de "*capacidade prática*", conforme definido no *Highway Capacity Manual de 1950*.
- *Nível de serviço "B"* – pretendia representar a "*capacidade prática*" que se poderia esperar em um ambiente rural.
- *Nível de serviço "A"* – foi incluído para refletir os padrões de serviço para rodovias pedagiadas e, portanto, fornecer um padrão de serviço superior à "*capacidade prática*".

Como uma reflexão tardia, o *nível de serviço "F"* tornou-se um cesto de bugigangas (catch-all) e, portanto, poderia refletir qualquer condição de funcionamento que pudesse se desenvolver em um nível de degradação.

3.2. O conceito de Nível de Serviço aplicado aos pedestres

O trabalho seminal para definição de nível de serviço – LOS – aplicado aos pedestres foi desenvolvido em 1970 por John F. Fruin, em sua tese de doutorado "Designing for Pedestrians: A Level of Service Concept", que deu origem ao seu livro "Pedestrian Planning and Design", de 1971. Fruin, com certeza, é a referência mais utilizada em estudos de

transporte quando se fala em nível de serviço. Seu *Pedestrian Planning and Design*, de 1971, se tornou referência mundial para assuntos de pedestres.

De acordo com os conceitos de nível de serviço, definidos no HCM, e no conceito da elipse do corpo humano, Fruin (1970; 1971) desenvolveu uma série de níveis de serviço utilizados em áreas para filas, ou concentração de pedestres.

A fila, ou enfileiramento, é definido de modo amplo, por Fruin (1971), como qualquer forma de espera de pedestres que exija ficar em uma posição relativamente estacionária por algum período de tempo. As filas, de maneira geral, podem ser de dois tipos: linear (ou fila ordenada), com a convenção de “primeiro a chegar, primeiro a ser atendido”; ou uma fila de massa (ou “a granel”), envolvendo lotes de chegada e possível competição para conseguir determinada posição. Esse último caso é o adotado para as regiões de plataforma e interior dos trens.

Como vimos antes, Fruin diz que a vista do plano do corpo humano adulto médio masculino ocupa uma área de aproximadamente $0,14 \text{ m}^2$. Isso equivale a uma densidade, ou nível de lotação, de 7,2 passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$. Fruin, porém, diz que uma elipse equivalente a uma área útil de $0,21 \text{ m}^2$, que acomoda 4,7 pessoas em $\text{pé}/\text{m}^2$ parece ser a hipótese de projeto mais realista, com base no desejo humano para evitar contato pessoal com os outros e pelo fato de que a maioria dos pedestres leva alguns artigos pessoais que ocupam mais espaço.

Com base nisso, ele descreve seis padrões de níveis de serviço para espaços de filas, resumidos a seguir:

- Nível de Serviço “A” – zona de livre circulação: Equivalente a uma área média mínima por pessoa de $1,21 \text{ m}^2$ e espaço médio entre as pessoas de 1,22 metros ou mais.

Nesse nível de serviço, uma área adequada é provida para pessoas em pé e livre circulação através da área da fila, sem perturbar os outros. Aplicações desse nível seriam melhores concebidas para áreas de confluência de passageiros e áreas de retirada de bagagens.

- Nível de Serviço “B” – zona de inicial circulação: Equivalente a uma área média por pessoa no intervalo de 0,93 m² a 1,21 m² e um espaço médio entre pessoas de 1,07 a 1,22 metros. Nesse nível de serviço, adequada área é provida para pessoas em pé e restrita circulação através da fila sem incomodar os outros. Aplicações deveriam incluir plataformas de ferrovia e áreas de confluência de passageiros.
- Nível de Serviço “C” – zona de conforto pessoal: Equivalente a uma área média por pessoa 0,65 m² a 0,93 m² e um espaçamento inter-pessoal médio de 0,91 a 1,07 metros. Nesse nível de serviço, a área adequada fornecida para pessoas em pé se restringe à circulação através da área de filas por perturbar os outros. Está dentro da zona de segurança de conforto pessoal do corpo (body buffer zone) estabelecida por experimentos psicológicos. Aplica-se a áreas que incluem fila ordenada para compra de bilhete e lobbies de elevador.
- Nível de Serviço “D” – zona de não toque: Equivalente a uma área média por pessoa de 0,28 m² a 0,65 m², e uma média entre pessoas de 0,61 a 0,91 metros. Nesse nível de serviço uma área adequada é provida para pessoas em pé sem contato pessoal com outros, mas a circulação através da área de filas é severamente restringida, e o movimento para frente só é possível como um grupo. Aplicações incluem áreas de filas em escadas rolantes, ilhas de segurança de pedestres, ou as áreas e faixas de cruzamento de pedestres. Com base em experimentos psicológicos, esse nível de

ocupação não é recomendado para longos períodos de espera em filas. Esse nível representa o *mínimo espaço de segurança* recomendado pelos estudos psiquiátricos para conforto de pessoas normais.

- Nível de Serviço “E” – zona de toque: Equivalente a uma área média por pessoa de 0,19 m² a 0,28 m², e uma média entre pessoas de 0,61 metros, ou menos. Nesse nível de serviço o espaço adequado é fornecido para a posição em pé, mas o contato pessoal com os outros é inevitável. A circulação dentro da área de filas não é possível. Esse nível de ocupação de área só pode ser mantido durante períodos de tempo curtos, sem desconforto físico e psicológico. A única aplicação recomendada deve ser em elevadores.
- Nível de Serviço “F” – elipse do corpo (body ellipse): Equivalente a uma área média por pessoa de 0,19 m², ou menos. Contato próximo com pessoas ao redor. O espaço é aproximadamente equivalente à área do corpo humano. Permanecer em pé é possível, mas, o inevitável contato com as pessoas em pé ao redor, causa desconforto físico e psicológico. Nenhum movimento é possível, e o potencial de pânico existe em grandes multidões ou lotações.

Pushkarev, et al. (1975), diz que, *“a verdadeira questão dos arranjos do espaço humano, portanto, é como permitir a concentração necessária sem causar congestionamento”*. Ele procura analisar as quantidades de espaço disponíveis para pessoas em vários níveis de concentração, na tentativa de identificar sintomas de congestionamento. O autor salienta que, o maior interesse do ponto de vista das necessidades do espaço humano é o espaço para as pessoas dentro do veículo. Informa também que a Autoridade de Trânsito da Cidade de Nova York calcula a "capacidade prática" máxima dos **carros de metrô** com base em uma

área aproximada de $0,17 \text{ m}^2$ de piso livre por passageiro em pé ($5,9$ passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$). Um padrão similar, utilizado para o **metrô de Moscou**, é de **$0,12 \text{ m}^2$** de área de piso por passageiro em pé ($8,3$ passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$). De fato, segundo Pushkarev, et al. (1975), o espaço por passageiro em pé nas seções de algumas das rotas de metrô mais superlotadas da cidade de Nova York, foi observado para cair tão baixo quanto $0,1 \text{ m}^2$, em carros localizados no meio do trem, o que representa uma densidade de 10 passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$.

Em uma comparação com o automóvel, o autor salienta que *“parece claro que as pessoas que estão acostumadas a quase $0,9 \text{ m}^2$ de espaço por assento em um automóvel, não o abandonarão voluntariamente para o transporte público, a menos que o transporte público forneça, em seus próprios termos, um nível de conforto razoavelmente comparável”*.

Pushkarev, et al. (1975) salienta que, *“corpos humanos de tamanho médio em uma posição vertical, pressionados em conjunto com praticamente nenhuma habilidade para se mover, podem ocupar tão pouco quanto $0,09 \text{ m}^2$ por mulher e $0,14 \text{ m}^2$ por homem”*. Esses valores significam densidades de $10,8$ e $7,1$ pessoas/ m^2 , respectivamente. Para evitar tocar uns contra os outros, as pessoas em pé requerem de $0,22$ a $0,26 \text{ m}^2$ de espaço, e preferem uma "zona tampão do corpo" de $0,27$ a $0,84 \text{ m}^2$ por pessoa, para evitar desconforto emocional na presença de estranhos. O autor afirma que, se a evitação do contato físico entre estranhos é um objetivo desejável, as alocações de espaço não devem ser direcionadas abaixo de $0,3$ a $0,4 \text{ m}^2$ por pessoa. Nesse nível, as pessoas em pé não se tocam, mas estão desconfortavelmente próximas, a circulação pelo grupo é severamente restrita e os movimentos para frente são possíveis apenas como um grupo. Isso daria uma densidade que

não poderia superar 3,6 pessoas em pé/m², o que equivale ao limite superior do nível “D” do Fruin para áreas de acumulação.

Assim, para abolir o aglomerado do *metrô desumano*, a Comissão de Planejamento da Cidade de Nova York, em 1965, propôs 0,3 m² por passageiro em pé, como objetivo de expansão de trânsito rápido, o que daria uma densidade de 3,3 passageiros em pé/m².

Em 1975, a Associação do Plano Regional recomendou 0,5 m² (2,2 pessoas em pé/m²) de espaço líquido no veículo por passageiro, sentado ou em pé, o que equivale a um valor intermediário do nível “D” do Fruin.

Pensando em manter uma lotação, no interior dos trens e nas plataformas, dentro de limites aceitáveis, o MSP adota estratégias operacionais de contenção do fluxo de passageiros que adentram nas estações, para os horários nos quais a oferta de serviço de trens se encontra no limite da capacidade da linha.

DADOS REVISITADOS

O Highway Capacity Manual (HCM) de 2010 fornece uma elipse corporal simplificada com 0,5 m para a profundidade do corpo e 0,6 m para a largura dos ombros, gerando uma área de 0,24 m². Essa simplificação gera um valor 8% maior que a elipse sugerida, de 0,46 m x 0,61 m, por Fruin (1971).

O Manual de Capacidade e Qualidade de Serviço de Transporte (TCQSM) de 2013, observa que os valores de espaço do passageiro na extremidade inferior da faixa “E”, dos níveis de serviço propostos por Fruin, com 0,2 m²/pessoa, apareceram na literatura desde o início dos anos 1970, quando o conceito de elipse corporal foi introduzido na análise de pedestres. A elipse do corpo (Figura 7a) adotada por Fruin (1971), que representa a área ocupada por um

homem muito vestido com uma largura de ombro de alto percentil (medida do lado de fora dos músculos deltóides) e uma profundidade do corpo de alto percentil, incluindo subsídios para o corpo balanço, uma pequena quantidade de espaço pessoal e a capacidade de carregar um objeto pequeno, mediu 18 por 24 polegadas (45 cm por 60 cm), representando um espaço ocupado de aproximadamente 0,22 m²/pessoa.

O TCQSM (2013), apud Pheasant (1996), diz que esse perímetro da elipse do corpo foi projetado para acomodar dimensões vestidas máximas de 57 cm de largura e 37 cm de profundidade, refletindo valores masculinos norte-americanos do 95º percentil do início dos anos 1970. Seguindo, o TCQSM (2013) cita que, embora não especificamente indicado, as dimensões da pessoa dentro da elipse, na escala da figura original, com largura do ombro de 52 cm e profundidade do corpo de são provavelmente as de uma pessoa comum. No entanto, enquanto a largura do ombro é a de um homem dos EUA, vestido, para o 50º percentil, a partir da década de 1970, a profundidade do corpo é reflexo apenas de um homem do 5º percentil, também vestido. A visualização, portanto, pode dar uma impressão incorreta da quantidade de espaço extra, fornecido dentro da elipse. A Figura 7b, ilustra o espaço ocupado dentro da elipse por um homem de 50º percentil vestido no início dos anos 1970, baseado em uma profundidade do corpo para o 50º percentil (27,5 cm) e uma tolerância de 5 cm para roupas externas pesadas. Cerca de metade da profundidade adicional do corpo mostrada na Figura 7b é o resultado da suposição de roupas pesadas sendo usadas.

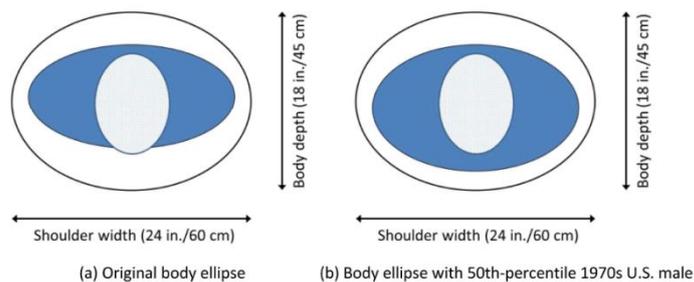


Figura 7 - Elipses do corpo no início dos anos 70. Fonte: TCQSM 2013

Segundo o TCQSM (2013), a população americana tornou-se maior desde o tempo em que a elipse do corpo foi inventada. As medições de um corte transversal da população dos EUA realizada periodicamente pelo National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) mostram que o peso do 95º percentil masculino aumentou de 102 kg em 1971-1974 para 123 kg em 2003-2006, e que a circunferência da cintura em 2003-2006 foi de 128 cm. Infelizmente para este propósito, o NHANES nunca coletou dados de profundidade do corpo. No entanto, uma profundidade corporal representativa de um homem norte-americano com 95º percentil em meados dos anos 2000 pode ser estimada extrapolando as relações entre o peso e a profundidade corporal de outros dados antropométricos. A Figura 9 compara o quanto da elipse do corpo seria ocupado por um homem americano vestido, para o 95º percentil, no início dos anos 1970 e meados dos anos 2000. Embora o homem de meados da década de 2000 continue contido na elipse, a área disponível para oscilação corporal, espaço pessoal e transporte de objetos pequenos foi reduzida, já que sua profundidade corporal é 5 cm maior que no início dos anos 70. Portanto, para fornecer a mesma quantidade de espaço pessoal para um homem de design de meados da década de 2000 que um homem de meados da década de 1970 teria, o componente de profundidade corporal da elipse do

corpo deveria ser expandido em 5 cm, resultando em uma elipse de 50 cm x 60 cm, que ocupa aproximadamente 0,24 m².

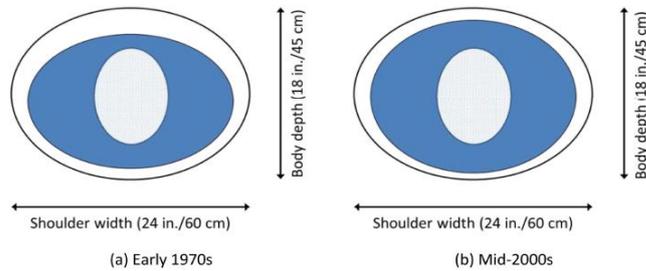


Figura 8 - Elipses do corpo no início dos anos 70 e meio dos anos 2000. Fonte: TCQSM 2013

Outras situações de ocupação do espaço

O TCQSM de 2013, alerta que, passageiros com objetos maiores (por exemplo, mochilas, sacos de computadores, bicicletas) ocupam mais espaço do que a da elipse do corpo. Por exemplo, uma pessoa que usa uma mochila ocupa pelo menos 60% mais espaço do que um passageiro sem uma. Uma média ponderada do espaço necessário para diferentes tipos de passageiros pode ser usada para desenvolver um espaço médio de passageiros para fins de projeto, usando valores da tabela, a seguir. Por exemplo, se 15% dos passageiros usarem mochilas, 3% tiverem carrinhos de tamanho médio e se presumir que a elipse do corpo é 0,24 m², então um espaço médio ponderado que poderia ser usado para o design seria de:

$$(0,15 \times 4,2 \text{ pés}^2) + (0,03 \times 9,9 \text{ pés}^2) + (0,82 \times 2,6 \text{ pés}^2) = 3,1 \text{ pés}^2 = 0,29 \text{ m}^2.$$

O Battelle Institute, localizado em Columbus-Ohio-EUA (1973, apud Metrô SP, 2005), recomenda níveis de conforto para veículos de transporte coletivo e provê detalhes do projeto considerando o espaço ocupado pelos passageiros em várias situações, reproduzido na tabela abaixo.

Tabela 3 - Área projetada para diversas situações de ocupação dos passageiros. Fonte: Instituto Batelle (1973, apud Metrô-SP, 2005)

Situação	Área projetada (m ²)
Em pé	0,13 - 0,16
Em pé com pasta	0,25 - 0,30
Segurando pega-mão vertical	0,26
Espaço mínimo para sentar	0,24 - 0,30
Assento duplo apertado (por pessoa)	0,36
Assento confortável (por pessoa)	0,54

O que diz a Norma Brasileira

No Brasil, temos a Norma **ABNT – NBR 14183²**, com primeira edição em setembro de 1998, confirmada em setembro de 2011, e publicada em nova edição em dezembro de 2015.

A Norma estabelece os requisitos para determinação do nível de conforto e dimensionamento da capacidade de passageiros em trem metropolitano também as características dos níveis de acomodação padronizados, no que se refere aos lugares para passageiros sentados e áreas para passageiros em pé. O nível de conforto é classificado em A, B ou C, conforme tabela a seguir.

Tabela 4 - Nível de conforto em serviço metropolitano.

Nível de Conforto	Área disponível para pessoas em pé		Contato entre passageiros em pé
	m ² /passageiro	passageiro/m ²	
A	acima de 0,25	até 4,0	Confortável
B	de 0,16 a 0,25	de 4,0 a 6,0	Contato inevitável
C	abaixo de 0,16	acima de 6,0	Desconfortável

² Esta Norma cancelou e substituiu a Norma ABNT-NBR 9260, de set/1985 (cancelada em jan/2011).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados mostram uma diversidade de medidas das duas dimensões corporais e, conseqüentemente das elipses corporais obtidas, dadas pelos vários autores. Mostra também que os dados considerados pelos diversos autores e sistemas de transporte, ainda hoje, são os da elipse do corpo de Fruin, com alguma variação ou outra, que, no caso mais extremo (TCQSM 2013) não excede a 8%. Esses valores representam níveis de serviço que vão de 4,6 a 4,2 passageiros em pé/m², adotando as elipses de Fruin e do TCQSM 2013, respectivamente.

Se levarmos em consideração o cálculo da área realizado pelo TCQSM 2013 para situações de projeto, com 0,29 m²/passageiro (3,4 passageiros/m²), vemos que este valor geraria uma área da elipse corporal 32% maior do que a área gerada pela elipse original de Fruin. Isso significa que, para cada metro quadrado de espaço médio disponível para pessoas em pé nos trens, acomodariamos 3,4 passageiros e não 4,6 passageiros. Esse resultado significa que, para transportarmos a mesma quantidade de passageiros em um trem, teríamos que piorar o nível de conforto, ou ofertar mais trens. Esse resultado é muito semelhante ao resultado superior dado pela tabela do Batelle Institute para pessoas em pé segurando uma pasta, com 0,30 m²/pessoa.

CONCLUSÕES

De tudo o que foi exposto, concluímos que, para a melhoria dos níveis de serviços do transporte metroferroviário em trens e plataformas, expresso em densidade de passageiros

em pé, prevenindo situações de risco, estresse e pânico para os passageiros, seria recomendável projetarmos e operarmos de acordo com um padrão de, no mínimo, nível “E” do Fruin e nível “A” da Norma **ABNT – NBR 14183**. Para os horários de vale e finais de semana, o ideal seria programar para o nível “A” da Norma e nível “D” do Fruin.

Essa preocupação já se tornou evidente no documento “Especificação do padrão de serviços aos usuários da rede futura e definição do sistema de mensuração”, de 2016, que é parte integrante do Planejamento Estratégico do Metrô São Paulo. Os valores de densidade, ou “lotação”, que constam desse documento são:

- a) Lotação $\leq 5,4$ passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$ (para os horários de pico dos dias úteis), que corresponde ao limite superior do nível “E” do Fruin.
- b) Lotação $\leq 3,6$ passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$ (para as demais situações), que corresponde ao limite superior do nível “D” do Fruin.

Com os níveis de lotação considerados, teríamos as seguintes capacidades de transporte em cada trem:

- a) Trens com lotações de $5,4$ passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$ carregam 1.492 passageiros/trem. Cada trem poderia transportar 580 passageiros a mais, até atingir a capacidade limite de $8,0^3$ passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$.
- b) Trens com lotações de $3,6$ passageiros em $\text{pé}/\text{m}^2$ carregam, na média das frotas, 1.091 passageiros/trem. Cada trem poderia transportar 981 passageiros a mais, até atingir a capacidade limite de $8,0$ passageiros em

³ Admitimos, para cálculos de absorção de demanda, lotações máximas de $8,0$ passageiros/ m^2 nos trens.

pé/m², com potencial de capacidade de transporte para 2.072 passageiros/trem.

Para a região de plataforma, que requer um maior espaço para movimentação dos passageiros, a proposta seria operar e programar para uma ocupação no nível “A” da Norma **ABNT – NBR 14183** e para o nível “B” do Fruin, com tolerância até o nível “C” do mesmo autor.

A seguir, vemos um resumo com as medidas dos vários autores citados no trabalho;

Tabela 5 – Medidas antropométricas dos vários autores

Autores	Área da Elipse do corpo obtida pelas duas medidas corporais			profundidade do corpo (body depth)		largura do corpo nos ombros (body breadth at shoulders)	
	m ² /pessoa	pés ² /pessoa	pessoa/m ²	cm	polegadas	cm	polegadas
Damon (99 percentil com roupas pesadas)	0,14 *	1,53 *	7,0 *	32,2 *	12,7 *	56,4	22,2
Damon (95 percentil com roupas pesadas)	0,15	1,62	6,7	33,0	13,0	57,9	22,8
Damon (média com roupas pesadas)	0,12	1,31	8,2	29,2	11,5	53,1	20,9
Fruin (elipse vista de cima) (1)	0,22	2,36	4,6	45,7	18,0	61,0	24,0
Fruin (95 percentil) (2)	0,17	1,78	6,0	57,2	22,5	36,8	14,5
U.S. Army (apud Fruin 1970; 1971)	0,22	2,36	4,6	45,7	18,0	61,0	24,0
Cohen (capacidade prática do Metrô NY)	0,22	2,36	4,6	45,7	18,0	61,0	24,0
Horowitz (zona de segurança - buffer zone) (3)	0,22	2,40	4,5	46,6 *	18,3 *	62,1 *	24,4 *
Strakosch (homem médio) (4)	0,14	1,50	7,1	29,2 *	11,5 *	39,0 *	15,3 *
Strakosch (mulher média) (4)	0,09	1,00	11,1	18,8 *	7,4 *	25,1 *	9,9 *
Edward Hall (5)	0,21	2,28	4,7	45,0	17,7	59,9 *	23,6 *
Panero e Zelnik (95 percentil - homens) (6)	0,19	2,04	5,3	36,8	14,5	65,5	25,8
Stephen Pheasant (95 percentil - homens) (7)	0,19	2,02	5,3	38,0	15,0	63,0	24,8
Norma DIN 33402, de 1981 (percentil 95-homens)	0,11	1,15	9,4	31,8	12,5	42,8	16,9
Norma DIN 33402, de 1981 (percentil 95-mulheres)	0,11	1,17	9,2	35,7	14,1	38,8	15,3
INT - Brasil, 1988 (percentil 95-homens) (8)	0,11	1,16	9,3	27,5	10,8	49,8	19,6
Keith Still (elipse do corpo) (9)	0,20	2,19	4,9	46,1	18,1	56,4	22,2
HCM 2000 (percentil 95)	0,24	2,54	4,2	50,0	19,7	60,0	23,6
TQSQM 2013 (percentil 95 - estimativa meio anos 2000)	0,24	2,62	4,1	50,8	20,0	60,96	24,0

* Dados estimados, com base na relação das medidas do corpo na elipse de Fruin, de 45,7 cm x 61,0 cm.

(1) A área da elipse de Fruin (1970; 1971) que, no plano visto de cima, contém o corpo humano e mantém certa folga.

(2) De acordo com as medidas antropométricas dadas em Fruin, revisão de 1987, apud TQSQM 2013.

(3) Segundo Horowitz, é a medida do menor buffer zone a que um corpo humano pode ser submetido, sem levar em consideração o critério de conforto pessoal.

(4) Essa medida, segundo Strakosch, representa o limite de dimensões corporais a que uma pessoa pode ser empacotada, ou aglomerada.

(5) Calculada de acordo com o limite inferior da distância do espaço pessoal de Hall (45 cm) para a profundidade do corpo e valor estimado para a largura dos ombros.

(6) As medidas de Panero & Zelnik são da largura máxima do corpo e profundidade máxima do corpo e incluem roupas de inverno.

(7) As medidas foram tomadas com roupas de inverno e profundidade máxima do corpo e largura máxima do corpo, na posição em pé.

(8) As medidas foram tomadas com pessoas na posição sentada.

(9) Medidas da média mundial, que inclui algum espaço em torno da pessoa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - NBR-9050 (2004) – “Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos”.

ABNT - NBR-9260 (1986) – “Serviço Metropolitano – Nível de conforto – Acomodação em pé – Classificação”.

ABNT - “NBR-14021 (2005) – Transporte – Acessibilidade no sistema de trem urbano ou metropolitano”.

ABNT - “NBR-14183 (2015) – Carro Metropolitano – Acomodação e capacidade de passageiros”.

ALTMAN, Irwin (1975) – *“The environment and social behavior”*.

ADAMS, L.; Zuckerman, D. (1991) – *“The effect of lighting conditions on personal space requirements”* – Journal of general psychology, 118 (4), 335-341.

BATTELLE INSTITUTE (1973) – “Recommendations en vie de láménagement dune installation de transport compte tenu de donnèes anthropométriques et des limites physiologiques de l’homme”, Geneva.

BELL, Paul, A.; GREENE, Thomas; FISHER, Jeffrey, and BAUM, Andrew, *“Environmental Psychology”*.

BOUERI, Jorge (2008) – *“Antropometria aplicada à arquitetura, urbanismo e desenho industrial”*, Manual de estudo – volume I – Estação das Letras e Cores Editora.

COHEN, L. B. (1968) – *“Work Staggering for Traffic Relief”*, Praeger.

DAMON, A. (1966) – *“The Human Body in Equipment Design”*.

FELISBERTO, L. C.; PASCHOARELLI, L. C. (2001)– *“Dimensionamento preliminar de postos de trabalho e produtos – modelos antropométricos em escala”*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. *Anais...* VII International Conference on Industrial Engineering e Operations Management, 2001, Salvador.

FRUIN, John J. (1970) – *“Designing for Pedestrians: A Level of Service Concept”* – Polytechnic University of Brooklyn.

FRUIN, John J. (1971) – *“Pedestrian Planning and Design”* – Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners.

HALL, Edward Twitchell (1959) – *“The Silent Language”* – Doubleday & Company, Inc., Garden City, New York.

HALL, Edward Twitchell (1966) – *“The Hidden Dimension”* – Anchor Books Editions.

HENSON, Colin (2000) – *“Levels of Service for Pedestrians”* – ITE Journal, September, 2000.

IIDA, Í. (2005) *“Ergonomia projeto e produção”*. São Paulo: Edgar Blucher.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA – INT. *“Pesquisa antropométrica e biomecânica dos operários da indústria de transformação”*, RJ. FERREIRA, D. M. P. (Coord). Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 1988. 128p.

JARUFE, Manuel Salomon Salazar (2010) – *“Ergonomia no projeto e na produção”*, CEUNES/UFES.

KITTELSON, Wayne K. – *“Historical Overview of the Committee on Highway Capacity and Quality of Service”* – Transportation Research Circular E-C018: 4th International Symposium on Highway Capacity.

METRÔ SÃO PAULO (2005) – *“Capacidade do Transporte Urbano de Passageiros sobre Trilhos”*.

METRÔ SÃO PAULO (2016) – *“Especificacao do padrao de servicos aos usuarios da rede futura e definicao do sistema de mensuração”*.

PANERO, J.; ZELNIK, M. (1996) – *“Las Dimensiones Humanas en Los Espacios Interiores”*. Ediciones G. Gili, S.A. – México D.F.

PEASE, Allan; PEASE, Barbara (2004) – *“The Definitive Book of Body Language”*, Published in Australia by Pease International.

PHEASANT, S. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of the Work, Second Edition*. Taylor & Francis, London, 1996.

ROESS, Roger P. – *“Level of Service Concepts: Development, Philosophies, and Implications”* – Publication of this paper sponsored by Committee on Highway Capacity and Quality of Service.

SOROKOWSKA, Agnieszka et al. (2017) – *“Preferred Interpersonal Distances: A Global Comparison”*, Journal of Cross-Cultural Psychology (International Association for Cross-Cultural Psychology).

STERN, W. (1938) – *“General Psychology”* – translated by H. D. Spoerl., New York: Macmillan.

STILL, G. Keith (2013), *“Introduction to Crowd Science”*, New York: CRC Press.

STILL, G. Keith (2000) – *“Crowd Dynamics”*, PhD Thesis, University of Warwick.

STILL, G. Keith (site: <http://www.gkstill.com> – visitado pela última vez em junho de 2018) – *“Crowd Safety and Risk Analysis”*.

FTA (2000) – Federal Transit Administration, *“Transit Capacity and Quality of Service Manual”*.

FTA (2013) – Federal Transit Administration, *“Transit Capacity and Quality of Service Manual”*.

VON UEXKULL, J. (1937), *“A Stroll through the Worlds of Animals and Men, in Instinctive Behavior”*, Claire Schiller, ed. New York: International Universities Press.