



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PERCEPÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL EM ESPAÇOS SUBTERRÂNEOS¹

FRANZ, Eliane (1); MARTAU, Betina (2)

(1) PROPARG-UFRRGS, e-mail: elianecfranz@gmail.com; (2) PROPARG-UFRRGS, e-mail: betina.martau@ufrgs.br

RESUMO

O desenvolvimento urbano recente produziu cidades que frequentemente são inconsistentes com os princípios do crescimento sustentável. Devido ao alto índice de urbanização, ocorrem problemas recorrentes de mobilidade, poluição, carência de espaços verdes e altos custos de infraestrutura. O aproveitamento de espaços subterrâneos pode gerar cidades mais compactas e eficientes. No Brasil, a saturação construtiva nos centros urbanos induz ao uso abaixo da superfície como alternativa. A grande limitação das arquiteturas enterradas é a dificuldade de levar ao subsolo condições de conforto ambiental e emocional equivalentes às da superfície. Este artigo tem como objetivo apresentar um estudo piloto sobre como os usuários percebem os aspectos de conforto ambiental em espaços subterrâneos. Aplicando questionários a cem moradores de Porto Alegre, os resultados mostraram que a percepção é convergente com o levantado na revisão teórica. Os resultados apontam para a iluminação como chave para garantir a satisfação dos usuários, sendo citada como o fator de conforto mais importante para um espaço subterrâneo de qualidade. O estudo buscou subsídios para uma pesquisa maior sobre como iluminar subsolos em clima tropical, estimulando a criação de cidades mais sustentáveis e compactas, sem sacrificar os fatores de conforto indispensáveis à saúde e ao bem-estar.

Palavras-chave: Iluminação. Espaços Subterrâneos. Conforto Ambiental.

ABSTRACT

The recent urban development has created cities that are often inconsistent with the principles of sustainable growth. Due to the high rate of urbanization, there are recurring problems of mobility, pollution, lack of green spaces and high infrastructure costs. The use of underground spaces can generate more compact and efficient cities. In Brazil, constructive saturation in urban centers induces the use of underground as an alternative. The main difficulty of this underground architecture is bringing the same environmental and emotional comfort as the surface. This one aims to present a pilot study on how users perceive the aspects of environmental comfort in underground spaces. By applying questionnaires to one hundred residents of Porto Alegre, the results demonstrated that the perception is convergent with raised by literature review. The analysis concluded that lighting is the key to ensuring user's satisfaction, cited as the most important comfort factor for qualifying an underground space. The study sought subsidies for further research on how lighting underground spaces in tropical climate, encouraging the creation of more sustainable and compact cities, with all comfort factors, essentials for health and well-being.

Keywords: Lighting. Underground spaces. Environmental comfort.

¹ FRANZ, Eliane; MARTAU, Betina. Percepção de conforto ambiental em espaços subterrâneos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Em 2014, a população mundial atingiu 7,2 bilhões de habitantes dos quais 54% vivem nas cidades. As estimativas para 2050 são de crescimento, quando 66% da população deverão viver em algum tipo de concentração urbana (UNITED NATIONS, 2014).

Para Kim (2010), a utilização do espaço subterrâneo para habitação é quase tão antiga quanto a existência de seres humanos. Segundo Maire *et al.* (2006) e Chow *et al.* (2002), ele surge como opção para compactar as cidades, enterrando algumas funções como transportes, comércio, espaços culturais e instalações de infraestrutura. Seu maior benefício seria liberar a superfície para usos mais nobres, como parques e áreas verdes, transcendendo a mera estratégia voltada ao conforto em climas severos, aplicada em construções mais primitivas. Ao serem removidas estruturas não atrativas como estradas, estacionamentos e estações de metrô, por exemplo, novos usos melhorariam o ambiente urbano.

A cidade com subterrâneos se desenvolveria de forma mais sustentável, ao eliminar o revestimento externo e impermeável das grandes construções, a poluição sonora e ao aumentar a economia de energia pelo princípio de inércia térmica. Para Horvat *et al.* (1997), além das questões técnicas e jurídicas, um dos fatores que dificultam a utilização do espaço subterrâneo é o aspecto psicológico da percepção dos usuários, geralmente negativa.

Diversas características que são, muitas vezes, de natureza subjetiva devem ser consideradas para melhorar a qualidade e a imagem do espaço subterrâneo, como melhor integração com a cidade superficial. Cultura e geografia, bem como o usuário, são pontos de partida fundamentais para projetar (DURMISEVIC, 2002).

Nos últimos vinte anos, diversos estudos (SOMMER, 1974; BOUBEKRI, 2014; BOYCE *et al.*, 2003; HOBDAY, 2007) têm documentado o efeito da luz no comportamento e na saúde das pessoas. Comprovam a preferência pela luz do dia e sua relação com a satisfação psicológica e o trabalho mais eficiente.

Porto Alegre possui grande concentração populacional e já existem projetos de ambientes subterrâneos expressivos em discussão. Entre eles o do metrô, que será a maior obra de infraestrutura urbana já realizada na cidade e o do estacionamento subterrâneo para 702 veículos junto ao famoso Auditório Araújo Viana, no Parque Farroupilha. Isso indica o crescimento da cidade para o subterrâneo e traz à tona a preocupação com a qualidade desses ambientes (MELO, 2014; SIMON, 2011).

Por tratar-se de aspectos de percepção subjetivos, e considerando que os aspectos climáticos e culturais são fundamentais e influenciam a percepção dos usuários, decidimos realizar este estudo como fonte de subsídios para uma dissertação de Mestrado que pretende identificar diretrizes sobre a forma de iluminar espaços subterrâneos mais adequados à cidade de Porto Alegre. A partir das percepções dos usuários levantadas no referencial

teórico em escala internacional, pretende-se estabelecer as bases de comparação com a realidade local.

2 A PERCEPÇÃO DO AMBIENTE ENTERRADO

De acordo com Narkhede (2010), enquanto o espaço subterrâneo é utilizado em todo o mundo e predominantemente para a atividade humana, poucas pesquisas referentes às respostas de pessoas para esses ambientes são realizadas na hora de projetar tais ambientes.

Sabe-se que trazem diversos benefícios ao utilizá-los como armazenamento, passagem de infraestrutura ou túneis de transporte, por exemplo. Entretanto, quando utilizados para atividades humanas, permanentes ou não, aspectos psicológicos precisam ser considerados. A imagem do espaço subterrâneo como algo escuro e úmido está enraizada na sociedade. Apesar de os exemplos modernos de ambientes enterrados serem geralmente bem ventilados e iluminados, a ideia do subterrâneo parece provocar algumas associações poderosas com o passado das cavernas, abrigos dos primitivos.

Para Carmody *et al.* (1993), há grande desconforto nos espaços subterrâneos quando são associados à morte e enterro. O receio de colapso estrutural, desorientação e a perda da conexão com o mundo natural também são fatores associados à percepção negativa, ainda mais quando a iluminação e ventilação natural são precárias. Paradoxalmente, os ambientes subterrâneos também evocam associações positivas como a segurança e proteção quando relacionadas a seu papel como abrigo. Local sem distração e estimulante, por ser novidade, com ar de mistério e aventura, também são citados.

Segundo Narkhede (2010), seriam três os agravantes dos sentimentos negativos: falta de contato visual com o exterior, ausência de janelas e associações com a escuridão, frio, umidade e má qualidade do ar. Para Duffaut e Labbé (2002), as estruturas subterrâneas não possuem forma externa, carecem muitas vezes de cuidado arquitetônico e sofrem a pobre percepção do público. Kim (2010) reforça que o aspecto visual em termos de iluminação e as respostas humanas que ocorrem no ambiente subterrâneo são questões de grande preocupação.

3 IMPORTÂNCIA DA ILUMINAÇÃO NO PROJETO DE AMBIENTES SUBTERRÂNEOS

Segundo Kim (2010), enquanto a luz é somente uma das muitas características a serem consideradas no projeto na superfície, em espaços subterrâneos ela se torna fundamental. Decisiva para sentirmos a arquitetura (RASMUSSEN, 2002), a forma como um espaço está iluminado pode auxiliar a reduzir associações com a escuridão e amenizar as consequências negativas que a falta de janelas e de luz natural provoca na percepção dos usuários.

De acordo com Hobday (2007), descobertas recentes sobre iluminação e sua influência na saúde mudaram a maneira de viver e de trabalhar no ambiente construído. Elas confirmam que a iluminação tem um profundo

efeito tanto no nosso sistema imunológico quanto na manutenção dos ritmos circadianos e da nossa estabilidade emocional (ZONNEVELDT *et al.*, 2002). O sistema circadiano direciona nosso organismo com base na variação entre claro e escuro, sendo responsável pela adaptação do ser humano aos estímulos do meio. A abordagem convencional de iluminar voltada apenas à questão visual está obsoleta, podendo gerar problemas de saúde física e mental, como maior incidência de câncer e transtornos de humor (FARLEY *et al.*, 2001; GEERDINCK, *et al.*, 2006; HARDER, 2006; HOBDA, 2007).

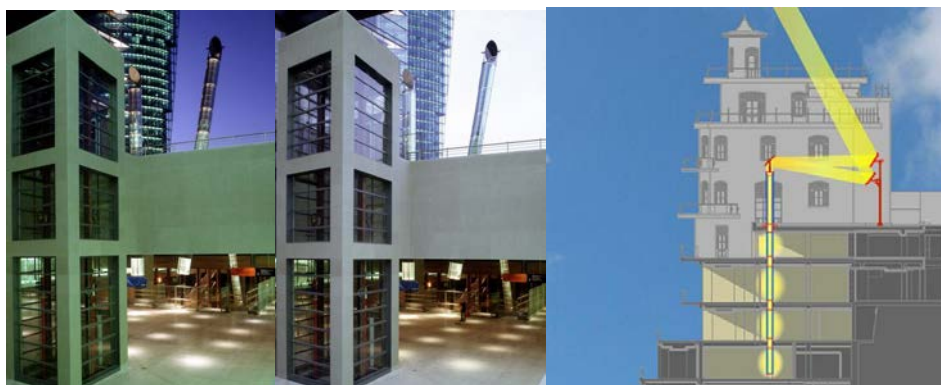
Para realizarmos processos metabólicos e produzirmos o hormônio cortisol, precisamos de um mínimo de tempo diário em contato com iluminação natural mais intensa. Mas também precisamos um período no escuro para produzirmos o hormônio melatonina. O ambiente luminoso ideal para viver e trabalhar seria inteiramente iluminado naturalmente durante o dia, garantindo o conforto visual. A possibilidade de contato visual com o exterior é emocionalmente benéfica, diminuindo o estresse, principalmente se incluídos elementos da natureza no campo da visão.

O estudo de Martau (2009) identificou os danos causados ao sistema circadiano em funcionárias de *shopping centers*, que se caracterizam por serem um espaço sem contato visual com o exterior. Além da quantidade, espectro, temperatura de cor, geometria, direcionalidade, duração da exposição e variabilidade influenciam no sistema circadiano.

A maior parte da luz útil em um ambiente não é diretamente vinda da fonte mas é a luz refletida pelas superfícies, fazendo com que as propriedades das superfícies, como textura, refletância e cor, afetem a luz que incide sobre elas e vice-versa (LASAUSKAITE *et al.*, 2015).

As tecnologias de condução da luz natural, denominadas tubos de luz (light pipes), possibilitam o transporte da luz. Esses sistemas conduzem a luz às zonas interiores da edificação, que podem ser de pequenas seções, tanto horizontalmente como verticalmente (figura 1). O uso desse sistema torna-se imprescindível em locais subterrâneos, cujos ambientes estão muito profundos para receber iluminação natural adequada (BAKER E STEEMERS, 2002).

Figura 1 - À esquerda a Praça Potsdamer e os dutos metálicos à noite, ao centro os dutos metálicos durante o dia e à direita o sistema "light pipe".

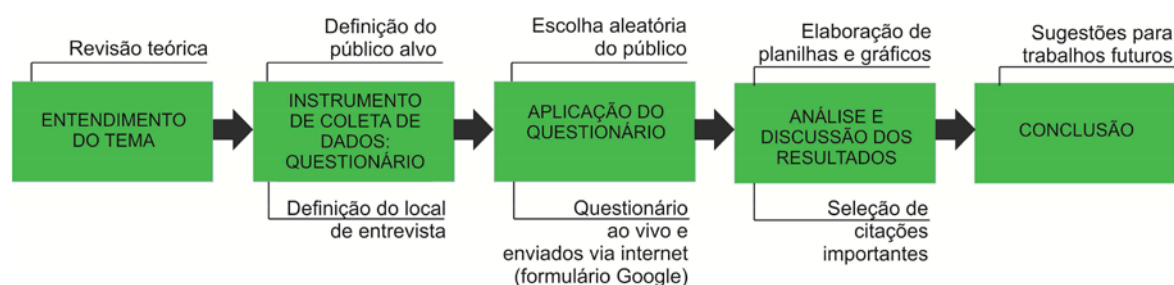


Fonte: Heliobus (2016)

4 METODOLOGIA

O objetivo do trabalho foi verificar a percepção de conforto ambiental em espaços subterrâneos dos moradores de Porto Alegre para identificar possíveis diferenças em relação ao levantado no referencial teórico internacional. O roteiro dos procedimentos do estudo seguiu conforme demonstrado na figura 2.

Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos do estudo



Fonte: Autores

Foi realizada uma revisão de literatura através de artigos, periódicos, livros, jornais e via portais de pesquisa na web, utilizando palavras-chave cruzadas como *lighting*, *underground spaces*, *light pipes* e *user perception*. A partir dela foi elaborado um questionário sob o ponto de vista arquitetônico e de conforto dos usuários, enfatizando as questões de iluminação. Ele foi aplicado através de formulários enviados via internet, utilizando a ferramenta Google Formulários, no período de 10 a 25 de janeiro de 2016. A pesquisa aplicada foi principalmente de caráter quantitativo, com questões de múltipla escolha (fechadas) e dissertativas (abertas), a fim de compreender a opinião da população sobre o assunto. As perguntas abertas foram categorizadas através da identificação de palavras-chaves comuns a fim de permitir o agrupamento por similaridade entre os grupos de respostas. Os dados das perguntas de múltipla escolha foram tabulados em planilhas com o software Excel, a partir das quais foram gerados gráficos síntese com os resultados para análise visual direta.

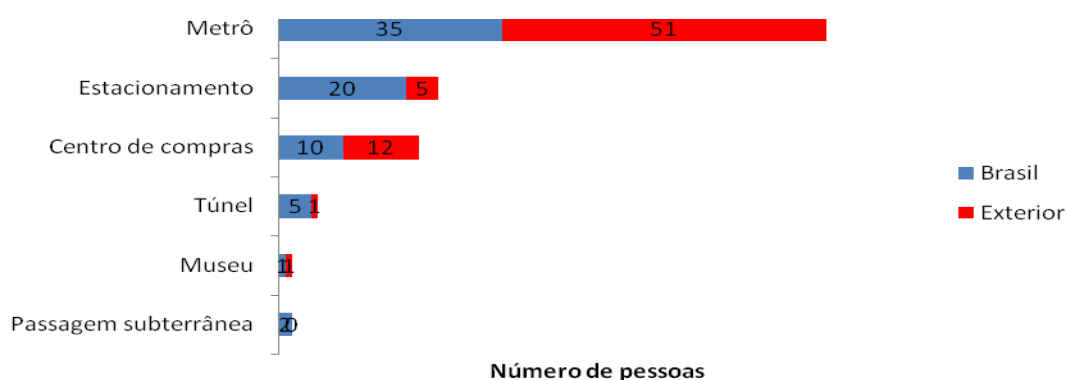
A amostra de 123 pessoas entre 18 e 65 anos, foi selecionada através de listas de e-mails para grupo de alunos, amigos e professores, englobou um público de diversas profissões e faixas etárias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aceitação da pesquisa foi bastante positiva, sendo grande a adesão ao estudo. A questão inicial foi sobre a frequência a um ambiente enterrado, sendo que 97% dos entrevistados responderam que já estiveram em espaços subterrâneos como estações de metrô, centros de compras, estacionamentos, túneis ou passagens subterrâneas, tanto no Brasil quanto no exterior (foram citados diversos países da Europa, América do Norte e a Austrália). Um dos entrevistados mencionou estações de metrô ligadas ao centro de compras como sendo locais aprazíveis e vivenciados como positivos em Berlim.

Os usos subterrâneos no Brasil mais frequentados pelos entrevistados (Figura 3) foram as estações de metrô, com 35 citações, seguido pelos estacionamentos subterrâneos, com 20 respostas. Houve citações de estações de metrô no exterior, bem como centros de compras, museus, túneis e passagens subterrâneas. Esses ambientes eram citados como locais de qualidade, onde o usuário sentia-se aconchegado. Estações de metrô (51 respostas) e centro de compras (12 respostas) foram os ambientes subterrâneos mais frequentados no exterior.

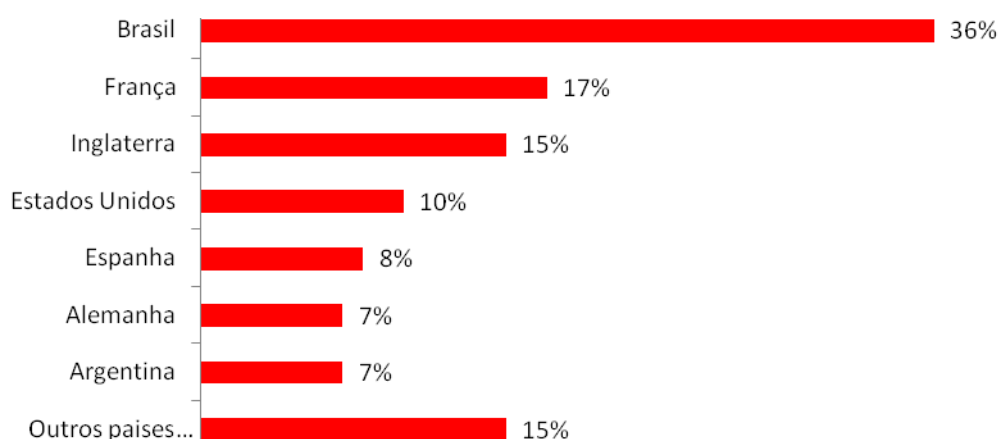
Figura 3 - Número de pessoas que frequentaram espaços subterrâneos no Brasil e no exterior



Fonte: Autores

O país em que os entrevistados mais frequentaram espaços subterrâneos foi o Brasil, com 36% das respostas (figura 4), sendo em sua maioria citados os metrô do Rio de Janeiro, de São Paulo e de Porto Alegre. Em seguida, a França obteve 17% das respostas, sendo principalmente citados os metrô em Paris. Foram citadas como locais interessantes no exterior as estações de metrô diretamente ligadas a centros de compras.

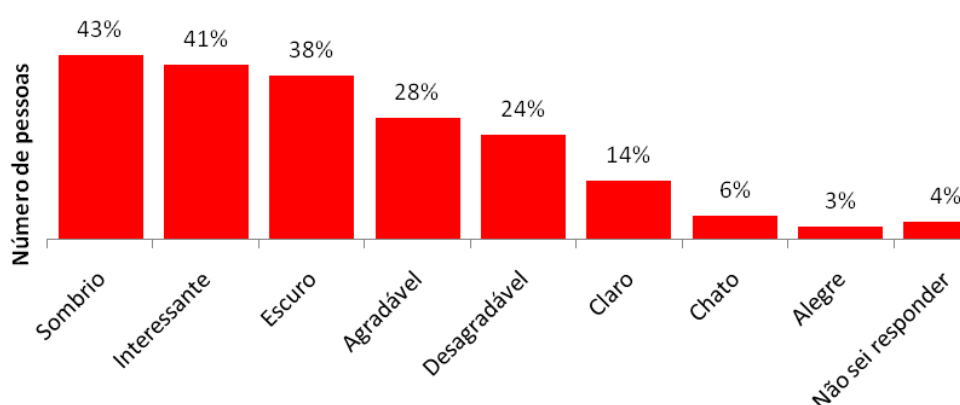
Figura 4 - Países onde frequentaram espaços subterrâneos (%)



Fonte: Autores

Ao serem questionados sobre as impressões ao se utilizar um espaço enterrado (figura 5), com opções de múltipla escolha, as características mais mencionadas foram: "sombrio", com 43% de respondentes, e logo após "interessante", com 41% das respostas. Ou seja, as respostas demonstram que as pessoas estão abertas para utilizar os subterrâneos, porém ainda têm a imagem mental de que os mesmos são escuros, característica ambiental que apareceu em terceiro lugar, indicada por 38% dos respondentes. O baixo percentual de respostas sobre aspectos positivos - como a característica "alegre", que foi a de menor número de respostas (3%), e "clara" (14%) - indica uma tendência a não perceber esses espaços como atrativos.

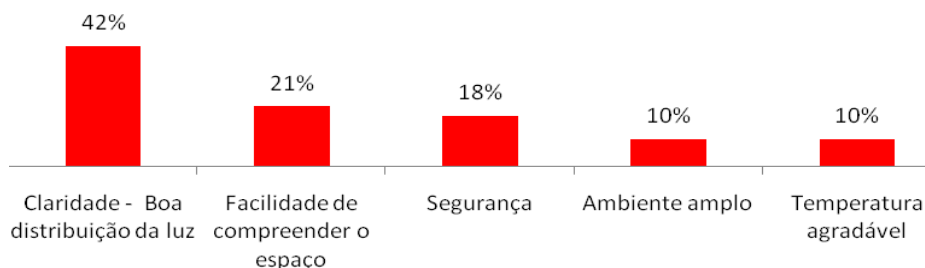
Figura 5 - Características atribuídas a espaços subterrâneos (%)



Fonte: Autores

A figura 6 demonstra que 42% das pessoas da amostra consideraram a claridade ou boa distribuição da iluminação o aspecto mais importante para garantir a qualidade de um espaço subterrâneo, destacando-se dos demais. A facilidade de compreender o espaço apareceu como a segunda característica mais importante, obtendo 21% das respostas, seguido de segurança (18%) e de ambiente amplo e temperatura agradável, ambos com 10% das respostas. Interessante observar que a temperatura não foi fator relevante, o que pode estar relacionado às temperaturas muito variadas entre inverno e verão em Porto Alegre.

Figura 6 - Características mais importantes que devem estar presentes em um ambiente enterrado (%)

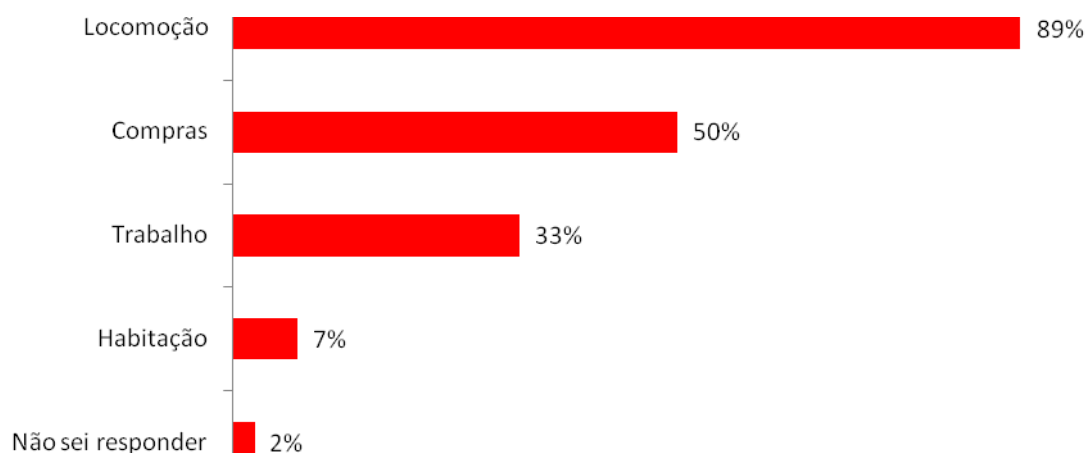


Fonte: Autores

Ao serem questionadas sobre já terem trabalhado em ambientes subterrâneos, 96% das pessoas responderam que não e apenas 3%, que sim. As que já trabalharam relataram turnos de seis a sete horas diárias em escritórios ou comércio - principalmente em *shopping centers*. Elas afirmaram sentir falta da iluminação natural e da orientação temporal fornecida pelo contato visual com o exterior, bem como a informação sobre o clima. Essa desorientação causada pela falta de informação visual para atender as necessidades biológicas de informação visual (LAM, 1977) foi relatada como o maior incômodo da experiência. Novamente aspectos relacionados com a luz natural aparecem como fundamentais para garantir conforto emocional em espaços enterrados.

Quando questionados sobre qual atividade desenvolveriam em ambientes de subterrâneos (figura 7), destacaram-se a locomoção, com 89% das pessoas, seguido da utilização como espaço de comércio (50%). Trabalhar e morar são os usos com menor aceitação, sendo 33% e 7%, respectivamente. Fica óbvia a maior aceitação para espaços de uso transitório ou de passagem e a natural recusa em utilização do espaço enterrado como alternativa para usos de maior permanência. Somente 7% dos entrevistados morariam em um ambiente enterrado, apesar de diversos exemplos serem encontrados em civilizações passadas (D'ANGELIS, 2014).

Figura 7 - Atividades a serem desenvolvidas em ambientes subterrâneos (%)



Fonte: Autores

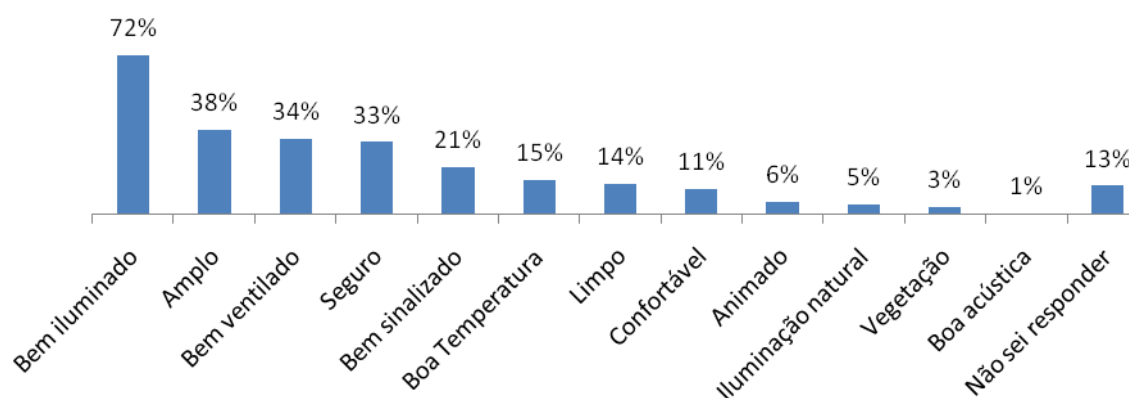
Ao ser questionada a respeito de quais características deveria possuir um ambiente subterrâneo ideal (figura 8), a maioria das pessoas descreveu um "ambiente bem iluminado", com 72% das respostas, confirmando as respostas anteriores e convergindo com os estudos do referencial teórico. Interessante observar que, apesar do desejo de uma iluminância "adequada", somente 5% imaginam que a luz natural seria a responsável pela boa iluminação. Nas respostas anteriores, os entrevistados que já permaneceram em ambientes enterrados por turnos maiores foram enfáticos em relação à questão da falta de contato visual com o exterior como grande problema do espaço subterrâneo. Esse dado é importante porque,

dependendo da profundidade do espaço, é impossível manter contato visual com o exterior. Estratégias de reconectar o ambiente enterrado com o natural deverão ser estudadas, como a presença de vegetação ou imagens de natureza, uma vez que já se sabe que uma imagem mental é capaz de provocar sensações como o estímulo real (FARAH, 1989; FINKE, 1985; GANIS, 2004).

Aspectos como “amplo” e “bem ventilado” seguem importantes, obtendo 38% e 34% das respostas, respectivamente. Novamente a temperatura do ambiente não se destaca, totalizando apenas 15% de respostas assinaladas.

A importância de um ambiente subterrâneo não provocar a sensação de claustrofobia foi mencionada, convergindo com a resposta anterior em que o ambiente amplo era a característica importante para 38% dos votos (Figura 8). Outro entrevistado mencionou ser importante que um ambiente subterrâneo pareça com um ambiente externo, explicitando novamente a necessidade de conexão com o meio natural. Alguns usuários reforçaram a opinião de que o ambiente subterrâneo não deve ser um lugar de permanência, por causar desconforto. Houve uma observação interessante sobre a importância de um ambiente enterrado não passar a sensação de risco de desabamento, conforme citado na revisão teórica, sugerindo que essa é uma percepção que independe de local ou cultura em se tratando de subsolos. Aspectos de conforto relacionados à acústica não apareceram de forma significativa nas entrevistas, sendo apontados por apenas 1% dos respondentes.

Figura 8 - Características que definiram um ambiente subterrâneo ideal (%)



Fonte: Autores

Os resultados obtidos na amostra deste estudo quanto as percepções dos usuários em relação ao conforto de espaços subterrâneos foram convergentes com os dados da revisão teórica com estudos internacionais. Apesar da localização geográfica e cultura muito diversa dos estudos revisados, os dados obtidos mostraram impressões semelhantes. Embora as percepções negativas tenham predominado, foram mencionados alguns aspectos positivos de se construir no subterrâneo, como o sentimento de proteção e o isolamento para maior concentração, um ambiente interessante e estimulante como local para exposição de obras de arte e

apresentações musicais, um ambiente protegido do clima, da chuva e animado.

Apenas dois entrevistados que frequentaram os centros comerciais e utilizaram o transporte subterrâneo de cidades no Canadá, como Montreal e Toronto, classificaram os espaços visitados como interessantes, agradáveis, alegres e claros. Essas cidades são reconhecidas como referências na construção de ambientes subterrâneos de qualidade e por possuir legislação específica para isso (BESNER, 2007). Tal opinião contraria outra expressiva maioria que classificou os subterrâneos visitados com características como escuros e sombrios, o que reforça a ideia da pesquisa de que é possível sim criar ambientes subterrâneos que sejam aprazíveis para o usuário.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de espaços subterrâneos de qualidade pode ser uma das mais significativas maneiras de lidar com os grandes problemas urbanos atuais, como a falta de mobilidade, poluição, redução dos espaços abertos e verdes, bem como a acomodação de redes de infraestrutura urbana que demandam grandes áreas. Contudo, o projeto desses ambientes deve considerar a presença de pessoas e sua pouca disposição de viver e trabalhar no que é percebido como um ambiente hostil.

O estudo apontou a iluminação – mesmo que elétrica - como o principal fator de conforto ambiental a ser considerado para que se tenha uma percepção positiva do espaço, reforçando a hipótese de que novos estudos são necessários para tornar a utilização de subsolos uma realidade no Brasil, desenvolvendo projetos que sejam capazes de garantir as mesmas condições de conforto ambiental de arquiteturas construídas na superfície. Espera-se que a divulgação dos resultados deste estudo estimule arquitetos a encararem o projeto da construção enterrada muito além das questões meramente estruturais, entendendo que o desafio de garantir as condições de conforto ambiental nesses espaços exigirá o domínio de tecnologias de sistemas de iluminação mais complexos, mas ao mesmo tempo grande sensibilidade para lidar com aspectos subjetivos envolvidos no tema das arquiteturas enterradas.

REFERÊNCIAS

- BAKER, N. *et al.* **Daylight Design of Buildings**. James & James LTD, London, 2002.
- BESNER, Jacques. **Develop the underground space with a master plan or incentives**. In: 11th ACUUS Conference. 2007. p. 10-13.
- BOUBEKRI, Mohamed. **Daylighting Design: Planning Strategies and Best Practice Solutions**. USA: Birkhauser Architecture, p. 85-93, 2014.
- BOYCE, Peter; HUNTER, Claudia; HOWLETT, Owen. **The Benefits of Daylight through Windows**. Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute. Capturing the Daylight Dividend Program. Troy, NY, EUA: p. 8-31, 2003.

CARMODY, J and STERLING, R. **Underground Space Design – A Guide to Subsurface Utilization and Design for People in Underground Spaces**. Van Nostrand Reinhold, New York. 1993.

CHOW, F. C. *etal.* **Hidden aspects of urban planning: utilization of underground space**. In: Proc. 2nd Int. Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering. 2002.

D'ANGELIS, Wilmar R.; SANTOS, Juracilda. **Habitação e acampamentos Kaingang hoje e no passado**. Revista Cadernos do Ceom, v. 17, n. 18, p. 213-242, 2014.

DUFFAUT, P.; LABBE, M. **From underground road traffic to underground city planning**. In: Proceedings of the International Conference Urban Underground Space: a Resource for Cities. 2002.

DURMISEVIC, Sanja. **Perception Aspects in Underground Spaces using Intelligent Knowledge Modeling**. Thesis Delft University of Technology - With ref. - With summary in Dutch. Sarajevo, Bosnia Herzegovina, p. 1-2, 2002.

FARAH, Martha J. **The neural basis of mental imagery**. Trends in neurosciences, v. 12, n. 10, p. 395-399, 1989.

FARLEY, K.; VEITCH, J. **A room with a view: a review of the effects of windows on work and well-being**. Ottawa, Canada: Institute for Research in Construction, 2001.

FINKE, Ronald A. **Theories relating mental imagery to perception**. Psychological Bulletin, v. 98, n. 2, p. 236, 1985.

GANIS, Giorgio; THOMPSON, William L.; KOSSLYN, Stephen M. **Brain areas underlying visual mental imagery and visual perception: an fMRI study**. Cognitive Brain Research, v. 20, n. 2, p. 226-241, 2004.

GEERDINCK, L. M.; SCHLANGEN, L. J. M. **Well-being effects of high color temperature lighting in office and industry**. In: CIE EXPERT SYMPOSIUM ON LIGHTING AND HEALTH 2., 2006, Ottawa. Proceedings. Vienna: Commission Internationale de L'Eclairage, p.126-130.

HARDER, B. **Bright Lights, Big Cancer**. Science News, v. 169, n. 1, p. 8, jan. 2006.

HELIOBUS. **Heliobus daylight systems**. Suíça. 2016. Disponível em <<http://www.heliobus.com/en/light-engineering.html>> Acesso em 10 jan. 2016.

HOBDAY, Richard. **The Light Revolution: Health, Architecture and the Sun**. Findhorn Press, 2007.

HORVAT, E and KROGT, R. van der., eds. 1997. **Strategische Studie Ondergronds Bouwen (Strategic Study Use of the Underground Space)**.

KIM, Gon; KIM, JeongTai. **Visual environment within the already-built underground development in South Korea**. Indoor and Built Environment, v. 19, n. 1, p. 184-191, 2010.

LAM, William. **Perception and lighting as formgivers for architecture**. McGraw-Hill, 1977.

LASAUSKAITE SCHÜPBACH, Ruta; REISINGER, Markus; SCHRADER, Björn. **Influence of lighting conditions on the appearance of typical interior materials**. Color Research & Application, v. 40, n. 1, p. 50-61, 2015.

MAIRE, Pierrick; BLUNIER, Pascal. **Underground planning and optimization of the underground resources' combination looking for sustainable development in urban areas**. In: Going Underground: Excavating the Subterranean City. 2006.

MARTAU, Betina Tschiedel. **A luz além da visão**. Lume Arquitetura, São Paulo, v. 38, 2009.

MELO, Itamar. **Trajeto do metrô de Porto Alegre até a FIERGS volta a ser discutido**. Zero Hora. Porto Alegre. Dez. 2014. Disponível em < <http://zh.clicrbs.com.br/rs/porto-alegre/noticia/2014/12/trajeto-do-metro-de-porto-alegre-ate-a-fiergs-volta-a-ser-discutido-4667150.html> > Acesso em 20 jan. 2016.

NARKHEDE, P and NANDE, V. **Study of Psychological Impact of Underground Habitable Structure on its users**. Architecture - Time Space & People, Pune. 2010. Proceedings... Eindhoven, 2002.

RASMUSSEN, Steen Eiler. **Arquitetura vivenciada**. Martins Fontes, 2002.

SIMON, Gilberto. **Estacionamento subterrâneo do Ramiro Souto tramita na Prefeitura**. Porto Imagem. Porto Alegre. Jun. 2011. Disponível em <<https://portoimagem.wordpress.com/2011/06/06/estacionamento-subterraneo-do-ramiro-souto-tramita-na-prefeitura/>> Acesso em 20 jan. 2016.

SOMMER, Robert. **Tight spaces: Hard architecture and how to humanize it**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1974.

UNITED NATIONS, **World Urbanization Prospects**. 2014 Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/highlights/wup2014-highlights.pdf>> **> Acesso: 20 nov. 2015.**

ZONNEVELDT, L.; ARIES, M. B. C. **Application of healthy lighting in working place**. In: SYMPOSIUM LIGHT AND HEALTH IN THE WORKING ENVIRONMENT, 2002, Eindhoven. Proceedings... Eindhoven, 2002.