



**PERCEÇÃO DA ILUMINAÇÃO**

**EM PASSAGENS SUBTERRÂNEAS**

**DE PORTO ALEGRE**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**ELIANE CRISTINA FRANZ | ORIENTADORA: PROFA. DRA. BETINA TSCHIEDEL MARTAU**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA

**ELIANE CRISTINA FRANZ**

PERCEPÇÃO DA ILUMINAÇÃO EM PASSAGENS SUBTERRÂNEAS DE  
PORTO ALEGRE

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura.

Área de concentração: Projeto de Arquitetura e Urbanismo  
Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Betina Tschiedel Martau

Porto Alegre  
2018

## AGRADECIMENTOS

À UFRGS, por me proporcionar a convivência em um meio acadêmico reconhecido, o qual admiro e me orgulho de ter feito parte.

À orientadora Betina Tchiedel Martau, que além de aceitar conduzir este trabalho me mostrou um lado sensível da arquitetura e me ensinou pelo exemplo de professora, pesquisadora e mulher que é.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite.

Ao PROPAR, aos professores pelo suporte prestado e à Rosita Borges por ser sempre atenciosa.

À CAPES, por disponibilizar recursos que auxiliaram nessa jornada.

Aos meus pais, Clecio Paulo Franz e Susana Maria Franz, pelo amor, incentivo e pela persistência. Aos meus irmãos, Ana Paula Franz e Paulo Roberto Franz pela torcida.

Ao Claudio Nuss, pelo encorajamento e apoio incondicional.

Ao Jean Arthur Cardoso Amarante, bolsista voluntário de iniciação científica, que brilhantemente auxiliou na condução do estudo de campo.

À Alessandra Bonotto Hoffmann Paim, amiga e colega que me incentivou a iniciar este trabalho. Obrigada pelo apoio e pela rica troca de ideias durante esses anos.

## 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 áreas verdes e altos custos de infraestrutura. Nesse contexto, a verticalização, tanto para o alto quanto o aproveitamento de espaços subterrâneos, tem o potencial de desenvolver cidades mais compactas e eficientes, reduzindo distâncias devido à maior concentração das funções. Em Porto Alegre, existem propostas em discussão que trazem o uso do subsolo como alternativa, a exemplo de inúmeros projetos pelo mundo onde os espaços subterrâneos são, muitas vezes, considerados atrativos e qualificados pela população. O grande limitador da utilização desses locais é a dificuldade de levar ao subsolo as condições de conforto ambiental e psicológico equivalentes às da superfície, principalmente em relação à forma como a luz é utilizada. Por isso, este trabalho visa levantar a percepção da iluminação em espaços subterrâneos de uma amostra da população de Porto Alegre, com objetivo de verificar o potencial de atratividade desses espaços no contexto local. Utilizando a metodologia de estudo de campo, foram selecionadas três passagens subterrâneas na cidade para coletar dados sobre a percepção de uma amostra de usuários - homens ou mulheres, entre 15 e 65 anos - escolhidos de forma aleatória. O estudo considerou variáveis como iluminância, dimensões e revestimentos dos espaços, bem como o tempo de percurso dos usuários. Os dados foram organizados e analisados utilizando os *softwares* Microsoft Excel 2007, Word Art 2017 e Sigma Plot 13. A pesquisa concluiu que, alinhado com o encontrado na revisão da literatura, os espaços subterrâneos em Porto Alegre são percebidos como locais com características muito negativas. Apesar disso, a maioria dos usuários relatou não sentir falta de contato com o exterior e não se sentir enclausurada, possivelmente pelo fato de as estações serem locais pouco profundos e de fácil acesso à superfície. O estudo de como iluminar subsolos em clima subtropical ainda é incipiente, e espera-se, com este trabalho, ampliar o conhecimento sobre como os usuários de Porto Alegre percebem esses lugares, estimulando a criação de subsolos atraentes e que valorizem a iluminação, fator indispensável para a saúde e bem-estar.

**Palavras-chave:** Iluminação; espaços subterrâneos; conforto ambiental; percepção ambiental.

## **ABSTRACT**

Recent urban development has produced cities that are frequently inconsistent in regard to the principles of sustainable growth. Due to the high level of urbanization, problems pertaining to mobility, pollution, lack of green area and high infrastructure costs are frequent. In this context, verticalization – regarding the use of both elevated and underground spaces – has the potential of developing cities that are more compact and efficient, reducing distances due to a higher concentration of functions. In the city of Porto Alegre, Brazil, there are many proposals currently being discussed that address the use of the underground as an alternative, in light of countless projects around the world in which underground spaces are often considered attractive and valued by the population. The use of these spaces is greatly limited, however, by the difficulty of bringing to the underground the environmental and psychological comfort conditions that are equivalent to those of the surface, especially in relation to how light is employed. Therefore, this work aims to survey the perception of lighting in underground spaces of a sample of Porto Alegre's population, with the objective of verifying the attractiveness potential of these spaces in the local context. Using a field study methodology, we selected three underground passages in the city in order to collect data on the perception of a sample of male or female users, aged 15 to 65 and chosen at random. The study took into account variables such as illuminance, dimensions and protective layers of these spaces, as well as the journey time of the users. The data were organized and analyzed using Microsoft Excel 2007, Word Art 2017 and Sigma Plot 13. The study concluded that, aligned to the results reported in the literature, the underground spaces of Porto Alegre are perceived as having very negative aspects. Nonetheless, most users related not feeling any lack of contact with the outside space and not feeling trapped, possibly because the underground stations are not very deep places and with easy access to the surface. The subject of how to provide lighting to underground spaces in a subtropical climate is still incipient, and we hope, with this study, to contribute to the knowledge of how Porto Alegre's users perceive these places, fostering the creation of attractive underground spaces and the valuing of lighting, which is essential to human health and wellbeing.

**Keywords:** Lighting; underground spaces; environmental comfort; environmental perception.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Capa de artigo publicado no periódico Think Deep: Planning, Development and Use of..... Underground Space in Cities. ITACUS – ISOCARP, exemplificando o uso dos espaços ..... subterrâneos na cidade.....	13
<b>Figura 2</b> - Habitação subterrânea tribos Kaingang .....	14
<b>Figura 3</b> - Habitação subterrânea tribos Kaingang - corte esquemático demonstrando os níveis e a ..... cobertura .....	14
<b>Figura 6</b> - Residência e estúdio de Fernando Higuera em 1972 .....	15
<b>Figura 7</b> - Estúdio de Fernando Higuera iluminado pela luz do dia .....	15
<b>Figura 4</b> - Elementos de controle da luz utilizados na cobertura transparente .....	15
<b>Figura 5</b> - Vista do vão do átrio.....	15
<b>Figura 8</b> - Acesso à Passagem subterrânea de Brasília na Asa Norte ligando setor 107 ao 207 .....	17
pelo nível da via.....	17
<b>Figura 9</b> - Passagem subterrânea de Brasília na Asa Norte ligando setor 107 ao 207.....	17
<b>Figura 13</b> - Gráfico de grandes tendências apresentado pela empresa Frost & Sullivan para 2025.....	20
<b>Figura 10</b> - Fachada Sesc 24 de Maio - São Paulo .....	20
<b>Figura 11</b> - Rampa e fachada de vidro Sesc 24 de Maio São Paulo .....	20
<b>Figura 12</b> - Teatro Sesc 24 de Maio São Paulo.....	20
<b>Figura 14</b> - Mapa da cidade subterrânea de Montreal.....	27
<b>Figura 15</b> - Mapa da cidade subterrânea na área central de Montreal.....	27
<b>Figura 16</b> - Percepção dos usuários sobre os espaços subterrâneos.....	29
<b>Figura 17</b> - Projeto para o Low Line Park.....	30
<b>Figura 18</b> - Espaço já existente para teste das espécies.....	30
<b>Figura 19</b> - Formas de conexão entre os espaços .....	32
<b>Figura 20</b> - Place des Arts em Montreal.....	33
<b>Figura 21</b> - Corredores subterrâneos Place des Arts - Montreal.....	33
<b>Figura 22</b> - Exposição no Palácio do Congresso na edição das Artes no Subterrâneo de 2016 em .....	33
Montreal.....	33
<b>Figura 23</b> - Place Ville Marie no inverno - acesso ao subterrâneo - Montreal .....	34
<b>Figura 24</b> - Acesso ao espaço subterrâneo Place Ville-Marie - Montreal.....	34
<b>Figura 25</b> - Abertura zenital - Place Ville-Marie - Montreal .....	34
<b>Figura 26</b> - Centro comercial - Montreal.....	35
<b>Figura 27</b> - Átrio com cobertura transparente na Place Ville-Marie em Montreal.....	35
<b>Figura 28</b> - Interior do Eaton Centre em Montreal .....	35
<b>Figura 29</b> - Estação de metrô La Salle em Montreal.....	36
<b>Figura 30</b> - Estação de metrô Préfontaine - Montreal.....	36
<b>Figura 31</b> - Estação de metrô Radisson - Montreal .....	36
<b>Figura 32</b> - Estação Wilhelminaplein - Roterdã .....	37
<b>Figura 33</b> - Revestimento reflexivo da estação .....	37

<b>Figura 34</b> - Passagens estação de Wilhelminaplein .....	37
<b>Figura 35</b> - Crânios empilhados nas Catacumbas de Paris .....	38
<b>Figura 36</b> - Catacumbas de Paris .....	38
<b>Figura 37</b> - Catacumbas de Paris .....	38
<b>Figura 38</b> - Acesso à estação de metrô - Paris .....	39
<b>Figura 39</b> - Estação de metrô Arts et Métiers - Paris.....	39
<b>Figura 40</b> - Forum Les Halles em Paris.....	39
<b>Figura 41</b> - Estação Châtelet-Les-Halles - Paris.....	40
<b>Figura 42</b> - Vista geral da cobertura envidraçada em construção - Paris.....	40
<b>Figura 43</b> - Detalhes da cobertura Les Halles - Paris .....	40
<b>Figura 44</b> - Complexo de cultura, lazer, comércio e mobilidade urbana em Paris .....	41
<b>Figura 45</b> - Vista da cobertura em acesso secundário - Les Halles - Paris .....	42
<b>Figura 46</b> - Vista do interior do ambiente para a praça abaixo da cobertura - Les Halles - Paris.....	42
<b>Figura 47</b> - Escadas rolantes em vidro e piso em granito claro Les Halles - Paris .....	42
<b>Figura 48</b> - Conexão entre subterrâneo e superfície - Les Halles - Paris .....	42
<b>Figura 49</b> - Acesso aos diferentes níveis através de escadas rolantes transparentes.....	
- Les Halles - Paris.....	43
<b>Figura 50</b> - Iluminação da estação de metrô - Les Halles - Paris.....	43
<b>Figura 51</b> - Museu do Louvre Paris.....	44
<b>Figura 52</b> - Hall subterrâneo do Museu do Louvre - Paris .....	44
<b>Figura 53</b> - Hall subterrâneo do Museu do Louvre - Paris .....	44
<b>Figura 54</b> - Traçado de Brasília - duas grandes vias dividem a cidade .....	45
<b>Figura 55</b> - Brasília dividida em quatro quadrantes ao longo dos dois grandes eixos .....	45
<b>Figura 56</b> - Pedestres se arriscam atravessando a movimentada avenida Brasília.....	45
<b>Figura 57</b> - Esquema das passagens sob o "Eixão" - Brasília .....	46
<b>Figura 58</b> - Imagem da uma passarela sob o "Eixão" Brasília .....	46
<b>Figura 59</b> - Iluminação elétrica de uma passarela sob o "Eixão" Brasília.....	46
<b>Figura 60</b> - Mapa do metrô de São Paulo e na mancha vermelha, a localização da Estação Sé.....	48
<b>Figura 61</b> - Acesso à estação Sé.....	49
<b>Figura 62</b> - Acesso às plataformas da estação .....	49
<b>Figura 63</b> - Claraboia no vão central da Estação Sé .....	49
<b>Figura 67</b> - Corte transversal da Estação de metrô Vila Prudente - São Paulo - a luz penetra até a .....	
plataforma.....	51
<b>Figura 64</b> - Foto do acesso à Estação Vila Prudente São Paulo.....	51
<b>Figura 65</b> - Fotos do hall com a cobertura envidraçada Estação Vila Prudente - São Paulo .....	51
<b>Figura 66</b> - Hall com iluminação natural Estação Vila Prudente São Paulo.....	51
<b>Figura 68</b> - Interior da estação.....	52
<b>Figura 69</b> - Nível das plataformas.....	52
<b>Figura 70</b> - Auditório Araújo Vianna, ao lado do Parque Ramiro Souto, no Parque .....	
Farroupilha - Porto Alegre .....	56
<b>Figura 71</b> - Acesso ao Auditório Araújo Vianna no Parque Farroupilha - Porto Alegre .....	56

<b>Figura 72</b> - Interior do Auditório Araújo Vianna - Porto Alegre .....	56
<b>Figura 73</b> - Largo Glênio Peres junto ao Mercado Público Municipal - Porto Alegre .....	57
<b>Figura 74</b> - Modelo de estação da linha de metrô em Porto Alegre .....	57
<b>Figura 75</b> - Modelo de estação de metrô no Centro de Porto Alegre .....	57
<b>Figura 76</b> - Trajeto do metrô de Porto Alegre .....	58
<b>Figura 77</b> - Modelo de qualidade de iluminação da IESNA.....	69
<b>Figura 78</b> - Abertura zenital no projeto para estação de metrô Whitechapel Crossrail Station - Londres.....	75
<b>Figura 79</b> - Projeto de estação de metrô para Paris com grande abertura zenital pelo arquiteto Kengo Kuma.....	75
<b>Figura 80</b> - Claraboia.....	76
<b>Figura 81</b> - Corte Claraboia .....	76
<b>Figura 82</b> - Esquema gráfico da entrada da luz no lanternim.....	76
<b>Figura 83</b> - Abertura zenital tipo shed .....	77
<b>Figura 84</b> - Abertura zenital tipo domo .....	77
<b>Figura 85</b> - Abertura zenital tipo teto translúcido .....	77
<b>Figura 86</b> - Grande Átrio Eaton Centre Toronto .....	79
<b>Figura 87</b> - Funcionamento de um duto de luz com heliostato.....	80
<b>Figura 88</b> - Sistema de captação de luz solar. ....	81
<b>Figura 89</b> - Exemplos de dutos condutores e seus respectivos esquemas de propagação interna de luz .....	82
<b>Figura 90</b> - Dutos metálicos à noite .....	83
<b>Figura 91</b> - Dutos metálicos durante o dia.....	83
<b>Figura 92</b> - Guia de luz em Istambul – Turquia;, imagem dos coletores.....	84
<b>Figura 93</b> - Imagem do duto que reflete e distribui a luz.....	84
<b>Figura 94</b> - Duto de luz composto por lentes - Busan - Coreia do Sul.....	84
<b>Figura 95</b> - Duto prismático .....	85
<b>Figura 96</b> - Tecnologia da empresa Parans - Suécia.....	85
<b>Figura 97</b> - Tecnologia da empresa Solatube® .....	86
<b>Figura 98</b> - Captação de luz natural em forma de domus .....	86
<b>Figura 99</b> - Luminárias solares .....	86
<b>Figura 100</b> - Fluxograma dos procedimentos da pesquisa .....	89
<b>Figura 101</b> - Mapa da cidade de Porto Alegre com a indicação dos locais para aplicação do questionário. ....	92
<b>Figura 102</b> - Localização do Terminal Triângulo e, em vermelho, o trajeto subterrâneo estudado .....	93
<b>Figura 103</b> - Vista aérea do Terminal Triângulo - Porto Alegre .....	94
<b>Figura 104</b> - Abertura zenital na cobertura do Terminal Triângulo .....	94
<b>Figura 105</b> - Acesso a passagem subterrânea do Terminal Triângulo .....	94
<b>Figura 109</b> - Localização da passagem subterrânea na Estação Rodoviária.....	95
<b>Figura 106</b> - Vista aérea da estação Rodoviária - Porto Alegre .....	95
<b>Figura 107</b> - Acesso a passagem subterrânea da estação Rodoviária Porto Alegre .....	95



<b>Figura 108</b> - Vista do hall e passagem da estação Rodoviária Porto Alegre .....	95
<b>Figura 113</b> - Localização da passagem subterrânea na Estação Mercado .....	96
<b>Figura 110</b> - Acesso à passagem subterrânea da estação Mercado Porto Alegre .....	96
<b>Figura 111</b> - Mercado e vias sobre a passagem subterrânea Porto Alegre.....	96
<b>Figura 112</b> - Acesso à passagem subterrânea da estação Mercado Porto Alegre .....	96
<b>Figura 114</b> - Interface do <i>software</i> Sigma Plot 13.....	101
<b>Figura 115</b> - Resposta sobre a pergunta: Que tipo de ambiente era esse? (n= 123). .....	104
<b>Figura 116</b> - Resposta sobre a pergunta: Em qual país? (n= 123).....	105
<b>Figura 117</b> - Resposta sobre a pergunta: Quais foram a suas primeiras impressões/ sensações ao entrar em um ambiente subterrâneo? (n= 123).....	106
<b>Figura 118</b> - Resposta sobre a pergunta: Se você tivesse que marcar o aspecto mais importante para a qualidade de um ambiente subterrâneo, em sua opinião, qual seria? .....	
(n= 123).....	107
<b>Figura 119</b> - Resposta sobre a pergunta: Você usaria um ambiente subterrâneo para quais atividades? (n= 123).....	108
<b>Figura 120</b> - Resposta sobre a pergunta: Na sua opinião, como esse ambiente subterrâneo precisaria ser? (n= 123) .....	109
<b>Figura 121</b> - Gênero (%) total da amostra (n= 68).....	117
<b>Figura 122</b> - Faixa etária (%) total da amostra (n= 68) .....	117
<b>Figura 124</b> - Resposta sobre a pergunta: Com que frequência você percorre este local? (n= 68).....	118
<b>Figura 123</b> - Grau de escolaridade (%) total da amostra (n= 68).....	118
<b>Figura 125</b> - Resposta sobre a pergunta: Quanto tempo você permanece neste local? (n= 68).....	120
<b>Figura 126</b> - Resposta sobre a pergunta: Você gosta de frequentar este local? (n= 68).....	121
<b>Figura 127</b> - Resposta sobre a pergunta: Você consegue perceber de onde vem a luz do local? (n= 68).....	122
<b>Figura 128</b> - Resposta sobre a pergunta: Você acha a iluminação do local suficiente? (n= 68) .....	124
<b>Figura 129</b> - Resposta sobre a pergunta: Você consegue perceber as cores dos objetos e das pessoas com clareza? (n= 68).....	125
<b>Figura 130</b> - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo lhe causa medo? (n= 68) .....	126
<b>Figura 131</b> - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo lhe causa sensação de estar enclausurado? (n= 68) .....	128
<b>Figura 132</b> - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo lhe causa a sensação de falta de contato com o exterior? (n= 68).....	129
<b>Figura 133</b> - Passagem da Estação Mercado .....	130
<b>Figura 134</b> - Passagem da Estação Rodoviária .....	130
<b>Figura 135</b> - Passagem do Terminal Triângulo .....	130
<b>Figura 136</b> - Resposta sobre a pergunta: estar no subsolo lhe causa a sensação de interesse, de ser um local de aventura? (n= 68) .....	131
<b>Figura 137</b> - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo é estimulante? (n= 68) .....	132
<b>Figura 138</b> - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo lhe causa a sensação de segurança e .....	

	proteção? (n= 68).....	133
<b>Figura 139</b>	- Interior da passagem no Terminal Triângulo demonstrando a falta de visualização do percurso.....	134
<b>Figura 140</b>	- Outra imagem do interior da passagem no Terminal Triângulo demonstrando a falta de visualização do percurso e de quem está acessando o local. ....	134
<b>Figura 141</b>	- Imagem de ocorrência policial no entorno da Rodoviária.....	134
<b>Figura 142</b>	- Resposta sobre a pergunta: Considera a iluminação (n= 68) .....	135
<b>Figura 143</b>	- Passagem subterrânea no Terminal Triângulo .....	136
<b>Figura 144</b>	- Passagem subterrânea na Estação Rodoviária.....	136
<b>Figura 145</b>	- Passagem subterrânea na Estação Mercado.....	136
<b>Figura 146</b>	- Nuvem de palavras referente às respostas da pergunta aberta (n= 68).....	137
<b>Figura 147</b>	- Nuvem de palavras do Terminal Triângulo referente às respostas da pergunta aberta (n= 19) .....	138
<b>Figura 148</b>	- Nuvem de palavras da Estação Rodoviária referente às respostas da pergunta aberta (n= 20) .....	139
<b>Figura 149</b>	- Nuvem de palavras da Estação Mercado referente às respostas da pergunta aberta (n= 29) .....	140
<b>Figura 150</b>	- Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente agradável? .....	141
<b>Figura 151</b>	- Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente desagradável? (n= 68) .....	142
<b>Figura 152</b>	- Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente chato? (n= 68).....	143
<b>Figura 153</b>	- Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local interessante? (n= 68).....	144
<b>Figura 154</b>	- Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente sombrio? (n= 68).....	145
<b>Figura 155</b>	- Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente alegre? (n= 68).....	146
<b>Figura 156</b>	- Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente claro? (n= 68).....	147
<b>Figura 157</b>	- Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente escuro? (n= 68)....	148

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	- Iluminância em áreas de corredor e circulação segundo ABNT NBR ISO/CIE 8998-1:2013. ....	98
<b>Tabela 2</b>	- Síntese das características atribuídas ao subterrâneo e em vermelho a marcação dos aspectos negativos apontados por mais de 50% dos usuários .....	149

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Matriz de comparação dos sistemas de iluminação dos três casos .....	53
<b>Quadro 2</b> - Matriz de comparação dos sistemas de iluminação dos três casos .....	54
<b>Quadro 3</b> - Circuito psicológico da experiência ambiental - esquema geral .....	65
<b>Quadro 4</b> - Classificação dos componentes para iluminação natural segundo Baker, Fanchiotti, Steemers (1993) e Lamberts, Dutra e Pereira (2014) .....	74
<b>Quadro 5</b> - Características negativas e positivas associadas aos espaços subterrâneos - síntese do .....	
estudo-piloto utilizado para montar as entrevistas .....	100
<b>Quadro 6</b> - Levantamento de dimensões, sistema de iluminação, acabamentos, iluminâncias no trajeto da passagem subterrânea do Terminal Triângulo .....	113
<b>Quadro 7</b> - Levantamento de dimensões, sistema de iluminação, acabamentos, iluminâncias da passagem subterrânea da Estação Rodoviária.....	114
<b>Quadro 8</b> - Levantamento de dimensões, sistema de iluminação, acabamentos, iluminâncias da passagem subterrânea da Estação Mercado.....	115

## SUMÁRIO

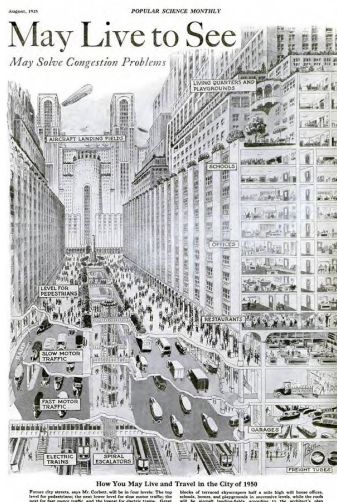
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	Contextualização do problema .....	13
1.2	Objetivos.....	19
1.2.1	Objetivo geral.....	19
1.2.2	Objetivos específicos.....	19
1.3	Justificativa .....	20
<b>2</b>	<b>ESPAÇOS SUBTERRÂNEOS.....</b>	<b>23</b>
2.1	Espaços subterrâneos e a necessidade de compactação urbana .....	23
2.2	Percepção dos espaços subterrâneos .....	28
2.3	Projetos internacionais exemplares .....	33
2.3.1	Montreal - Canadá.....	33
2.3.2	Roterdã - Holanda .....	37
2.3.3	Paris - França.....	38
2.4	Exemplos nacionais.....	45
2.4.1	Passagens subterrâneas em Brasília.....	45
2.4.2	Estação Sé em São Paulo .....	47
2.4.3	Estação Vila Prudente em São Paulo .....	51
2.5	Análise dos exemplos apresentados.....	52
2.6	Projetos para Porto Alegre - Rio Grande do Sul.....	56
<b>3</b>	<b>A ILUMINAÇÃO E OS ESPAÇOS SUBTERRÂNEOS.....</b>	<b>59</b>
3.1	A importância da luz.....	59
3.2	Relações entre iluminação e percepção .....	64
3.3	A iluminação como fator de qualidade do espaço .....	68

<b>4</b>	<b>FORMAS DE ILUMINAR NATURALMENTE SUBTERRÂNEOS .....</b>	<b>73</b>
4.1	Componentes de passagem.....	75
4.1.1	Zenitais .....	75
4.1.1.1	Claraboia.....	76
4.1.1.2	Lanternim.....	76
4.1.1.3	Shed .....	77
4.1.1.4	Domo .....	77
4.1.1.5	Teto translúcido.....	77
4.2	Componentes de condução.....	78
4.2.1	Espaços de luz internos.....	78
4.2.1.1	Átrio .....	78
4.2.1.2	Duto de luz.....	79
4.2.1.2.1	Dutos de luz com interior de espelho .....	83
4.2.1.2.2	Dutos de luz de espelho e lentes .....	84
4.2.1.2.3	Dutos de luz prismáticos.....	85
4.2.1.2.4	Dutos de luz de fibra ótica .....	85
4.2.1.2.5	Exemplos de dutos instalados em Porto Alegre - RS .....	86
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>88</b>
5.1	Estudo de campo .....	89
5.1.1	Estudo-piloto .....	90
5.1.2	Seleção dos locais para o estudo de campo .....	92
5.1.2.1	Passagem do Terminal de ônibus Triângulo .....	93
5.1.2.2	Passagem da Estação de trem Rodoviária .....	94
5.1.2.3	Passagem da Estação de trem Mercado Público.....	96
5.1.3	Seleção da amostra.....	97
5.1.4	Objeto de estudo.....	97
5.1.5	Levantamentos: Dimensões, sistema de iluminação, materiais, iluminâncias.....	97

5.1.6	Instrumento de coleta de dados.....	99
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>103</b>
6.1	Estudo-Piloto .....	103
6.2	Estudo de campo .....	111
6.2.1	Levantamentos: dimensões, sistemas de iluminação, materiais, iluminâncias.....	111
6.2.2	Questionários .....	117
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>151</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>155</b>
	<b>APÊNDICE A - ESTUDO-PILOTO .....</b>	<b>171</b>
	<b>APÊNDICE B - PROTOCOLO DE LEVANTAMENTO DOS LOCAIS .....</b>	<b>173</b>
	<b>APÊNDICE C - DOCUMENTO DE AUTORIZAÇÃO PARA APLICAR OS QUESTIONÁRIOS .....</b>	<b>174</b>
	<b>APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS USUÁRIOS DAS PASSAGENS .....</b>	<b>175</b>
	<b>APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS COMERCIANTES .....</b>	<b>176</b>

# 1 INTRODUÇÃO

**Figura 1** - Capa de artigo publicado no periódico Think Deep: Planning, Development and Use of Underground Space in Cities. ITACUS – ISOCARP, exemplificando o uso dos espaços subterrâneos na cidade



Fonte: Reynolds e Reynolds (2015)

## 1.1 Contextualização do problema

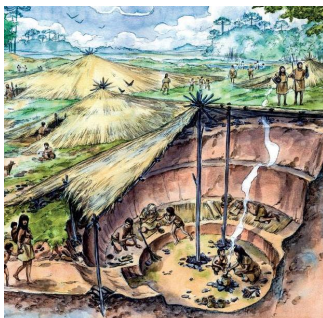
O mundo está enfrentando desafios de escala épica: a rápida urbanização, os riscos naturais e os efeitos das alterações climáticas impactam as cidades, o que requer soluções rápidas e inovadoras. Foi Eugène Hénard, arquiteto francês e planejador, que em 1910 empregou pela primeira vez o termo "As Cidades do Futuro" (figura 1), relacionado ao aproveitamento dos espaços subterrâneos (REYNOLDS e REYNOLDS, 2015).

Do início ao fim do século XX, a população urbana mundial, em relação ao número total de habitantes, passou de 15% para 50%. Em 1800, Londres foi a única cidade a totalizar um milhão de habitantes. Já em 1990, as cem maiores cidades do mundo acomodavam 540 milhões de pessoas, sendo 220 milhões vivendo nas 20 maiores “megacidades” cuja população excedia a dez milhões de habitantes, ocupando centenas de milhares de hectares (DEELSTRA e GIRARDET, 2000). Em 2014, a população mundial atingiu 7,2 bilhões de habitantes, sendo que 54% vivem nas cidades. As estimativas para 2050 são de crescimento desse percentual, quando 66% da população deverá viver em algum tipo de concentração urbana<sup>1</sup> (UNITED NATIONS, 2014).

O crescimento das cidades de forma descontrolada resulta, frequentemente, na deterioração das áreas urbanas, assim como

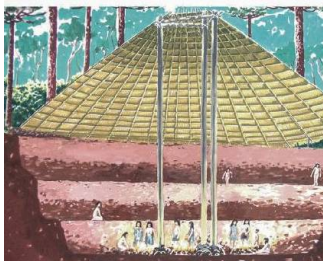
<sup>1</sup> A cada quatro anos é emitida uma nova revisão dos dados. A próxima será emitida ainda no primeiro semestre de 2018 (UNITED NATIONS, 2014).

**Figura 2** - Habitação subterrânea tribos Kaingang



Fonte: Copé (2015)

**Figura 3** - Habitação subterrânea tribos Kaingang - corte esquemático demonstrando os níveis e a cobertura



Fonte: Copé (2015)

a complexidade do sistema de infraestrutura demanda mais espaço, afetando a qualidade de vida dos moradores. As cidades precisam passar por um processo de transformação no modo de planejamento e de construção. Construir no subterrâneo promove um novo modo de desenvolvimento e pode fornecer melhor qualidade de vida, renovando a cidade sem, necessariamente, estender seus limites horizontais (DURMISEVIC, 1999).

A utilização do espaço enterrado para habitação é quase tão antiga quanto a existência de seres humanos na Terra (KIM e KIM, 2010). No sul do Brasil, na faixa de extensão territorial compreendida entre os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, as tribos Kaingang habitavam casas construídas abaixo do solo (figuras 2 e 3) em formas cônicas e circulares, com um a dois metros de profundidade e diâmetro que variava entre cinco e dez metros (BRASIL, 2015). As habitações subterrâneas, presentes na região entre os séculos IV e XVII, tinham a finalidade de abrigar as tribos do frio e dos fortes ventos (COPE, 2015).

Construído em 1972, em Madri, o edifício do arquiteto espanhol Fernando Higueras, que inicialmente foi seu estúdio e, posteriormente, sua residência, é um exemplo de espaço subterrâneo de permanência. Acomodado em um buraco de 9 m x 9 m, o refúgio recebe iluminação através do átrio de pé-direito duplo, que ventila e ilumina os ambientes, transformando-os em locais agradáveis (RODRIGUEZ, 2016).

A casa subterrânea oferece silêncio absoluto e eficiência térmica perfeita, mantendo a temperatura entre 16°C e 26°C, permanecendo fresca no verão e aquecida no inverno. As figuras 4 a 7 mostram o interior da casa e os desenhos técnicos.

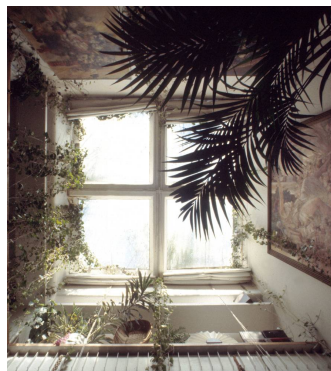


**Figura 4** - Elementos de controle da luz utilizados na cobertura transparente



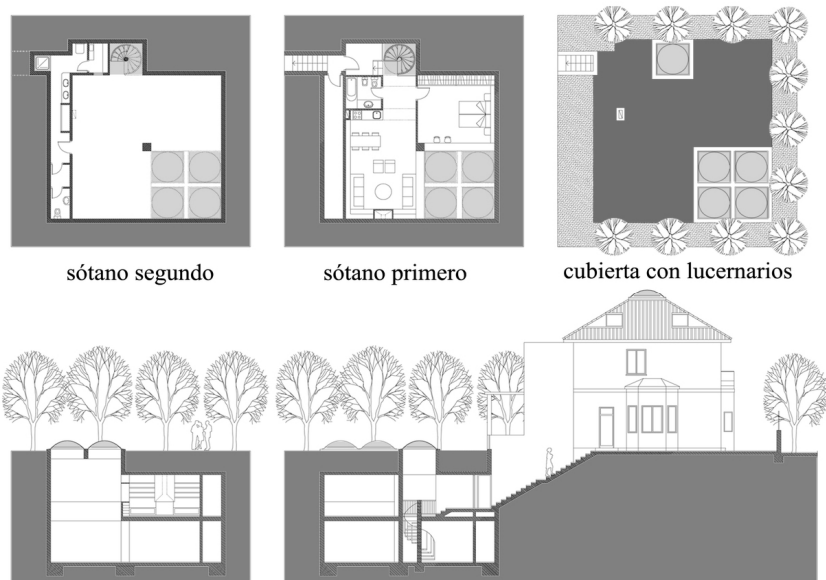
Fonte: Rodriguez (2016)

**Figura 5** - Vista do vão do átrio



Fonte: Rodriguez (2016)

**Figura 6** - Residência e estúdio de Fernando Higuera em 1972



Fonte: Rodriguez (2016)

**Figura 7** - Estúdio de Fernando Higuera iluminado pela luz do dia



Fonte: Rodriguez (2016)

Os espaços subterrâneos surgem como opção para compactar as cidades, enterrando algumas funções, como transportes, comércio, espaços culturais e instalações de infraestrutura. O maior benefício é liberar a superfície para usos mais nobres, como parques e áreas verdes, qualificando o ambiente urbano, tornando favorável o desenvolvimento ordenado das cidades e adaptando-as às mudanças climáticas (BOBYLEV, 2009; MAIRE et al., 2006; CHOW *et al.*, 2002). Além disso, a construção e exploração dos espaços subterrâneos podem ser consideradas um novo campo no setor industrial, criando novos espaços para o setor da construção civil, novas soluções de transporte de massa, novas infraestruturas para o setor de serviço público, novas fontes de energias renováveis e novos recursos naturais para o setor de *commodities*, contribuindo para o desempenho econômico das cidades em crescimento (LI, LI e SOH, 2016).

No entanto, novas estratégias devem ser adotadas para o planejamento urbano, o que inclui a valorização do espaço enterrado, o planejamento integrado com a superfície, políticas de zoneamento para usos e a modernização da estrutura legal, incorporando a divisão das propriedades em três dimensões, e não somente em duas, como é feito atualmente na maioria das cidades. Como as alterações em construções de subterrâneo são complexas, principalmente devido aos altos custos, necessitam de um planejamento completo e bem feito, envolvendo equipes multidisciplinares na área de engenharia, economia e ciências sociais (KALIAMPAKOS e BERNARDOS, 2008; ZHAO et. al, 2016).

A cidade com subterrâneos se desenvolveria de forma mais sustentável ao eliminar o revestimento externo e impermeável das grandes construções, ao diminuir a poluição sonora e ao aumentar a economia de energia pelo princípio de inércia térmica, protegendo as pessoas das condições extremas de temperatura. "O conhecimento sobre o tema arquiteturas subterrâneas permanece insatisfatório por várias razões. Os estudos de implantação são realizados na escala da edificação" (MAIRE et al., 2006). As informações sobre o subsolo são, principalmente, dedicadas a especialistas em diferentes disciplinas, como

**Figura 8** - Acesso à Passagem subterrânea de Brasília na Asa Norte ligando setor 107 ao 207 pelo nível da via



Fonte: Arnhold (2016)

**Figura 9** - Passagem subterrânea de Brasília na Asa Norte ligando setor 107 ao 207



Fonte: Arnhold (2016)

geólogos, engenheiros civis e hidrogeologistas. Interventores muito importantes, tais como investidores, governantes e usuários, têm acesso parcial a essas informações e não demonstram capacidade de interpretá-las e explorá-las da maneira mais correta. Isso resulta no pouco conhecimento do valor subterrâneo urbano e em uma subestimação do seu potencial para o desenvolvimento das cidades (MAIRE et al., 2006).

Apesar das aparentes vantagens de se utilizar os ambientes subterrâneos, existem diversos exemplos de insucesso nos quais os edifícios encontram-se em situação de abandono ou em péssimas condições de uso, sendo evitados pelas pessoas. As figuras 8 e 9 mostram uma das passarelas subterrâneas sob o eixo rodoviário de Brasília. Esses locais são alvos constantes de vandalismo e depredação, além de extremamente perigosos e onde frequentemente ocorrem assaltos. São lugares insalubres, mal iluminados e propícios à ocorrência de crimes.

A iluminação elétrica, muitas vezes, não funciona e não há qualquer outro tipo de atividade ocorrendo nesses locais. Já foram realizados diversos projetos propondo atividades de comércio junto às passarelas, mas nada foi concretizado. Os problemas continuam e nada se faz para tentar resolvê-los (ANGELIS, 2015).

Estudos já realizados em vários países, como Coreia do Sul, Holanda, Japão e Indonésia, entre outros (CARMODY e STERLING, 1993; EDELENBOS et al., 1998; DURMISEVIC, 2002; NISHIDA, 2003;), apontam o desconforto da população ao utilizar espaços subterrâneos. Algumas associações que as pessoas fazem com ambientes de subsolo são de um lugar escuro e úmido, relacionado com morte e enterro, o medo de colapso estrutural, a desorientação, a perda de conexão com o mundo natural, além das insuficientes iluminação e ventilação naturais. Portanto, muitos dos problemas associados à vida em subsolos não são apenas tecnológicos, mas sim relacionados com o grau de aceitação social e com a percepção do indivíduo sobre esse tipo de local. Diferentes projetos subterrâneos realizados resultaram em pobre satisfação dos usuários.

Diversas características, muitas vezes de natureza subjetiva,

precisam ser consideradas para melhorar a qualidade e a imagem do espaço subterrâneo (DURMISEVIC, 2002). Deve haver qualidade na integração ao contexto da cidade superficial e às particularidades culturais e geográficas, tendo sempre o usuário final como o ponto de partida para o projeto. Como os dados são escassos, especialmente no domínio arquitetônico, os métodos e ferramentas de outras disciplinas que também lidam com coletas de dados sobre percepção devem ser integrados a essa pesquisa, a fim de definir parâmetros indispensáveis no projeto de subsolos (DURMISEVIC, 2002).

Nos últimos 20 anos, muitas pesquisas têm documentado o efeito da luz no comportamento e na saúde das pessoas, inclusive no contexto de Porto Alegre. Elas comprovam a preferência pela luz natural e sua relação com a satisfação psicológica e com a eficiência no trabalho (SOMMER, 1974; BOUBEKRI, 2014; MARTAU, 2009; BOYCE, 2003; BOYCE, HUNTER, HOWLETT, 2003; HOBDAV, 2007). A grande dificuldade, porém, é como levar essa luz preferida ao espaço enterrado. O desenvolvimento tecnológico de sistemas de condução e distribuição da luz natural, tanto horizontalmente como verticalmente, em muito contribuiu para o avanço nessa área. Os chamados dutos de luz, ou *light pipes*, em inglês, já são realidade e garantem tanto a redução do consumo de energia elétrica como a melhora da aceitação humana desses lugares (KIM e KIM, 2010).

Esse capítulo trouxe a discussão sobre a expansão das cidades para o espaços subterrâneos e a necessidade de maior conhecimento sobre como as pessoas percebem esses ambientes. Os capítulos dois, três e quatro correspondem à revisão da literatura e situação atual do problema estudado no Brasil e no mundo. O capítulo dois discorre sobre o tema "espaços subterrâneos" relacionado com a percepção, expondo exemplos nacionais e internacionais e analisando os projetos de sucesso através de uma matriz de comparação de projetos em subterrâneos. O capítulo três aborda a iluminação nos ambientes subterrâneos, sua relação com a percepção e com a qualidade do ambiente. No capítulo quatro, são elucidadas as formas de iluminar naturalmente o subterrâneo, através de tecnologias

convencionais ou avançadas. O capítulo cinco descreve os procedimentos metodológicos e as etapas percorridas para alcançar os objetivos estabelecidos. O capítulo seis contém a análise e discussão dos resultados sintetizados em gráficos, quadros e nuvens de palavras, além da interpretação desses dados. O capítulo sete apresenta a conclusão do trabalho e indica futuros estudos para complementá-lo.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Levantar a percepção da iluminação em espaços subterrâneos de uma amostra da população de Porto Alegre.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Elaborar uma matriz de comparação dos aspectos mais importantes em relação à iluminação de espaços subterrâneos, a partir das análises realizadas;

Verificar quais estratégias de iluminação foram utilizadas em projetos exemplares de ambientes subterrâneos nacionais e internacionais;

Identificar possíveis diferenças entre a percepção dos usuários em Porto Alegre e a percepção internacional levantada na revisão da literatura;

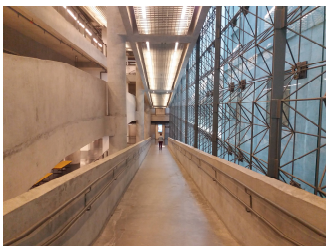
Identificar aspectos de iluminação que contribuam para a percepção positiva dos usuários de espaços subterrâneos no contexto da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

**Figura 10** - Fachada Sesc 24 de Maio - São Paulo



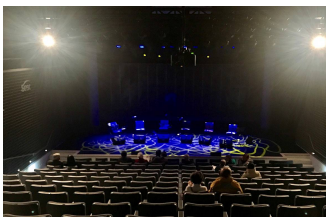
Fonte: Autora (2018)

**Figura 11** - Rampa e fachada de vidro Sesc 24 de Maio São Paulo



Fonte: Autora (2018)

**Figura 12** - Teatro Sesc 24 de Maio São Paulo

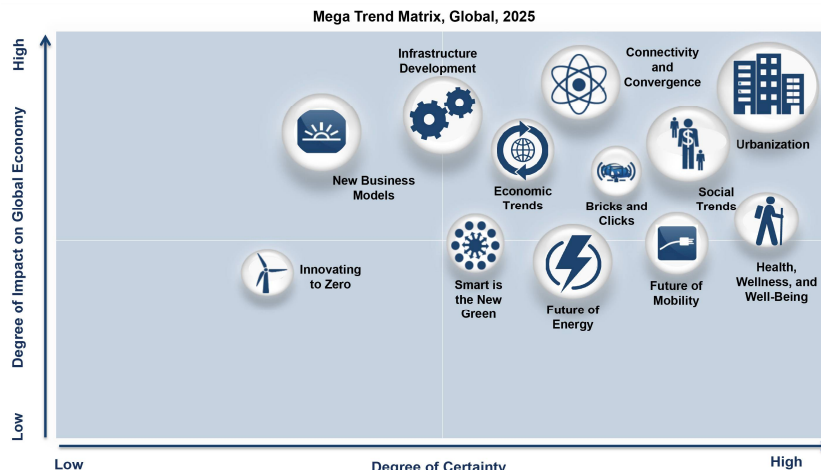


Fonte: Salles (2017)

### 1.3 Justificativa

Devido ao esgotamento da superfície, o subterrâneo nas grandes cidades vem sendo considerado como opção de expansão vertical. Estudos apontam a compactação das cidades, a urbanização e a mobilidade como grandes tendências para 2025. Na figura 13, são representadas as tendências:

**Figura 13** - Gráfico de grandes tendências apresentado pela empresa Frost & Sullivan para 2025



Note: The size of the bubble represents the scale of opportunity within each Mega Trend. These Mega Trends have been plotted based on quantitative and qualitative reasoning.

Source: Frost & Sullivan Analysis

Fonte: Frost e Sullivan (2017)

No Brasil, essa tendência também é observada. Frequentemente, são lançados e inaugurados projetos que utilizam o espaço subterrâneo para a permanência humana. É o caso da unidade do Sesc 24 de Maio (figura 10), localizada na esquina da Rua 24 de Maio com a Rua Dom José de Barros, no centro de São Paulo, inaugurada dia 19 de agosto de 2017. Trata-se da recuperação e aproveitamento máximo de uma construção já existente, onde localizava-se a loja de departamentos Mesbla. O edifício, marcante pela fachada de vidro, pelas rampas (figura 11) e estrutura aparente em concreto, abriga no subsolo um teatro para

245 pessoas, um café e uma loja. A figura 12 mostra o teatro em uso (MMBB, 2017).

Em Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, existe grande concentração populacional. Diversos projetos de ambientes subterrâneos expressivos já estiveram em discussão, como o do metrô e o de estacionamentos na região central de Porto Alegre - como no Largo Glênio Peres, na Praça Parobé e no Parque Ramiro Souto.

O metrô em questão seria a maior obra de infraestrutura urbana já realizada na cidade, ligando o centro à zona norte através de dez estações, saindo da Rua dos Andradas até a estação Triângulo, na Avenida Assis Brasil, grande nó viário de Porto Alegre. Seu impacto no entorno ao longo da linha seria significativo (MELO, 2014). No entanto, os planos de prover a capital gaúcha com um sistema de transporte subterrâneo sobre trilhos e alguns estacionamentos enterrados foram cancelados por inviabilidade econômica, exceto o estacionamento sob o Largo Glênio Peres, que tem situação indefinida (FARINA, 2015).

Apesar de não terem sido concretizados, esses projetos e as discussões em torno deles indicam o início do crescimento da cidade para o subsolo e trazem à tona a preocupação com a qualidade desses ambientes.

É importante considerar que o que é vantagem de se construir em um ambiente subterrâneo em um contexto pode não ser em outro, ou seja, os benefícios e os problemas devem ser delineados em suas particularidades locais. É preciso avaliar a aplicabilidade dos projetos em diferentes condições geográficas, climáticas, geológicas e culturais (CARMODY & STERLING, 1997). São necessários estudos locais sobre a qualidade dos espaços subterrâneos e sobre a percepção da população quanto a esses ambientes, uma vez que, atualmente, a funcionalidade e mobilidade não são as únicas características de qualidade atribuídas a um projeto. Mais do que nunca, os fatores do conforto ambiental e psicológico ganham importância (DURMISEVIC, 2001). O bem-estar é uma necessidade humana e o conforto, uma condição para alcançá-lo. A maioria das pessoas pode não saber

porque gosta, mas sabe do que gosta quando reconhece o conforto presente no ambiente (RYBCZYNSKI,1987).

Em espaços enterrados, a iluminação tende a ser predominantemente elétrica, causando, muitas vezes, grande incômodo aos usuários que vêm à superfície (DURMISEVIC, 2001). Sabendo que o conforto depende dos estímulos que o indivíduo recebe do ambiente, além de seus instintos, experiências e juízos, o ser humano tem aprimorado a construção dos edifícios onde mora e trabalha, em busca de um conforto que não encontra no meio externo. Ou seja, busca ambientes onde possa trabalhar e descansar de modo seguro e isolado dos fatores indesejáveis do ambiente externo.



## 2 ESPAÇOS SUBTERRÂNEOS

### 2.1 Espaços subterrâneos e a necessidade de compactação urbana

Para compreender a importância da utilização dos espaços subterrâneos, é necessário ter consciência das tendências do desenvolvimento urbano e do curso que o planejamento contemporâneo segue. A expansão da infraestrutura - incluindo os melhoramentos na mobilidade - é somente uma das preocupações ao se planejar a cidade. A poluição do ar e da água, o aquecimento global e o efeito estufa, o esgotamento de matéria-prima e de recursos naturais, a perda de áreas verdes, a biodiversidade afetada, o alto gasto energético e o índice de resíduos gerados pela construção civil são preocupantes e devem ser levados em conta nesse setor. "A questão é: como resolver todos os problemas e ainda garantir qualidade e um ambiente urbano saudável?" (DURMISEVIC, 1999).

Durmisevic (1999) expôs dois conceitos importantíssimos que emergiram dos problemas na evolução urbana: o desenvolvimento sustentável e a compactação das cidades. O desenvolvimento sustentável consiste em atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias demandas, minimizando o consumo e desperdício de recursos não-renováveis, fazendo uso sustentável dos recursos renováveis e gerando resíduos dentro da capacidade de absorção das cidades (DURMISEVIC, 1999).

A compactação das cidades, por sua vez, é uma das alternativas de desenvolvimento sustentável. As cidades compactas são assim denominadas devido ao modelo de núcleo, densamente desenvolvido, de muitas cidades históricas europeias dotadas de vitalidade e variedade urbanas. Devem atender a requisitos elevados em matéria de transportes e tráfego, mobilidade urbana, qualidade do ar, níveis de ruído e qualidade dos espaços públicos (DURMISEVIC, 1999).

Quatro elementos são vistos como tendo um potencial de longo prazo para apoiar o desenvolvimento urbano sustentável: o espaço subterrâneo, as águas subterrâneas, os geomateriais<sup>2</sup> e a utilização de energia geotérmica<sup>3</sup>. Esses recursos propõem um novo paradigma de desenvolvimento econômico: o urbanismo subterrâneo, uma tendência de crescimento mundial. Em um contexto de desenvolvimento urbano sustentável, tenta-se maximizar o valor do uso da terra através da mistura de atividades urbanas, ligando mobilidade e compactando o tecido. A demanda por espaço segue a tendência tridimensional (LI *et al.*, 2013).

O uso eficiente e integrado do subterrâneo é um dos fatores de obtenção de qualidade, conveniência, conforto, segurança e saúde. Nas grandes cidades, o uso do subterrâneo surge com a função de suprir a demanda por novos espaços e diminuir os obstáculos na superfície, como rodovias e ferrovias (BROERE, 2012).

O urbanismo subterrâneo pode ser definido como um conceito inovador para a reestruturação urbana a fim de liberar a superfície, salvaguardando as águas subterrâneas, a energia geotérmica e os recursos geomateriais. Esse novo conceito é chamado de método da cidade profunda<sup>4</sup>, um projeto

<sup>2</sup> Geomateriais é o termo que define a matéria-prima provinda de escavações.

<sup>3</sup> Energia geotérmica é a energia adquirida a partir do calor que provém da Terra, mais justamente do seu interior .

<sup>4</sup> Conceito inovador para reestruturação urbana e práticas de construção com o objetivo de aumentar os usos mistos em centros urbanos, transferindo as instalações para o espaço subterrâneo, liberando a superfície, salvaguardando a valiosa água subterrânea, a energia geotérmica e os geomateriais.

interdisciplinar praticado na Suíça desde 2009 (PARRIAUX *et al.*, 2010).

Automóveis ocupam de 30 a 90 vezes mais espaço que os sistemas de metrô, e o transporte público - ônibus -, de 3 a 12 vezes mais. O barulho e a poluição gerados pelos veículos na superfície resultam em problemas de saúde e desvalorização do espaço no entorno. Além disso, construindo-se infraestruturas em ambiente subterrâneo, é possível deixar a superfície livre para preservar edifícios históricos e priorizar a criação de mais áreas verdes na cidade (BROERE, 2016).

Li *et al.* (2013) apresentam Paris, Amsterdã, Montreal, Tóquio e Helsinque como exemplos de cidades cujas políticas urbanas de desenvolvimento do espaço subterrâneo são bem-sucedidas, levando em conta diversos fatores de qualidade. Isso se deve ao planejamento estratégico, ao conhecimento de tecnologia, ao envolvimento do poder público e privado, à aceitação social e à adaptação do público ao uso desses lugares, entre outros aspectos. Besner (2016) afirma que a parceria entre a iniciativa pública e privada é um dos fatores importantes para garantir o sucesso de um espaço enterrado, assim como levar em conta a integração com a cidade superficial e a sua acessibilidade. Os projetos de ambientes subterrâneos devem ser planejados e gerenciados de forma sistemática, completamente integrados com as tomadas de decisões do restante do planejamento da cidade.

Construir no subterrâneo torna-se dispendioso, principalmente, quando a superfície está exaurida, o que dificulta a criação de áreas de transição entre ela e os ambientes enterrados. Em metrópoles avançadas, a parceria entre engenheiros, urbanistas e governantes possibilita o desenvolvimento do subterrâneo desde o início, tornando mais fácil e menos custoso esse processo (BROERE, 2016; BOSCH, 2003; BOBYLEV, 2009).

À primeira vista, os ambientes subterrâneos parecem ser espaços ilimitados e com mais oportunidades de planejamento que a superfície. No entanto, essa ideia é equivocada, pois o subterrâneo deve estar intimamente ligado às atividades acima do solo, uma vez que a abordagem setorial no planejamento

subterrâneo resulta em desperdício de recursos, saturando a área com diversas estruturas desconexas que podem representar uma ameaça, umas às outras, durante a construção e manutenção. Setores como abastecimento e transporte têm metas conflitantes para o desenvolvimento do subterrâneo (BOBYLEV 2008).

Montreal é exemplo de planejamento integrado<sup>5</sup>. As estruturas subterrâneas são interligadas (figuras 14 e 15), o que facilita e estimula o uso, tornando os espaços enterrados dotados de vitalidade urbana e conforto ambiental, sendo percebidos pelas pessoas como um ambiente aprazível (BOBYLEV 2008).

É a maior área urbana enterrada do mundo, somando 31 km de passagens subterrâneas, dez linhas de metrô, estações de trem, terminais de ônibus, mais de 1.600 lojas, 200 restaurantes, 40 bancos, 30 salas de cinema, bem como hotéis, piscinas e teatros localizados no subsolo. O mundo subterrâneo protege as cidades da neve, da chuva, do vento e do calor, provendo o clima constante de primavera e o ambiente livre do tráfego de veículos (CHOW, *et al.* 2002).

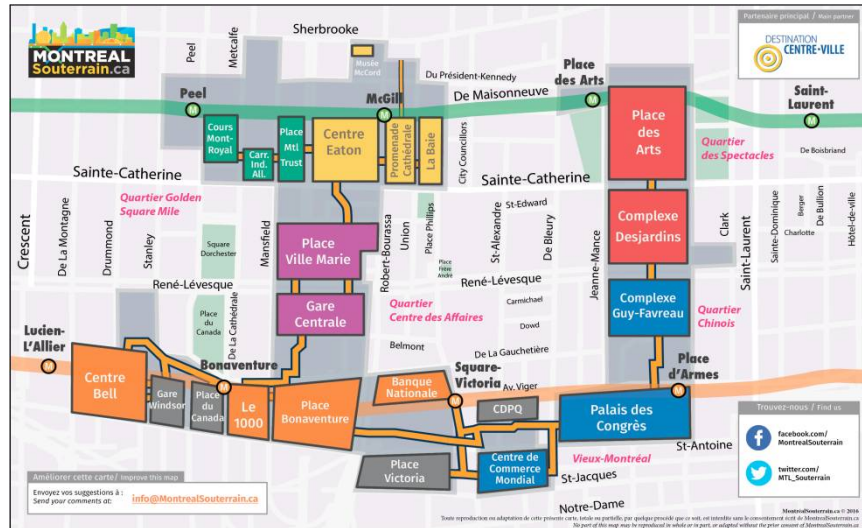
<sup>5</sup> Planejamento integrado faz referência ao projeto dos edifícios de superfície e do subterrâneo ao mesmo tempo, integrando de forma mais harmônica os ambientes.

Figura 14 - Mapa da cidade subterrânea de Montreal



Fonte: Montreal Souterrain (2018)

Figura 15 - Mapa da cidade subterrânea na área central de Montreal.



Fonte: Montreal Souterrain (2018)

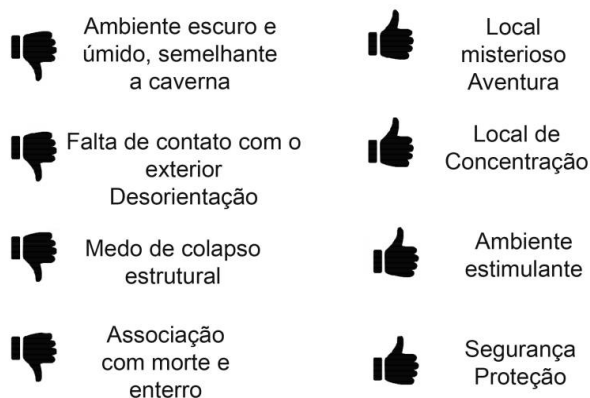
## 2.2 Percepção dos espaços subterrâneos

Quando os espaços subterrâneos são utilizados para atividades que envolvam ocupação humana, permanente ou não, questões a respeito do efeito dos aspectos psicológicos precisam ser mais pesquisadas. Apesar de os exemplos modernos de ambientes enterrados serem geralmente bem ventilados e iluminados, a ideia do subterrâneo provoca algumas associações poderosas com o passado das cavernas naturais que serviram de abrigo para os seres humanos primitivos. Associações com morte e enterro, receio de colapso estrutural, desorientação e falta de conexão com o mundo natural também são fatores relacionados à percepção negativa, ainda mais quando a iluminação e a ventilação natural são precárias. As pessoas querem ver o céu, o sol e o chão (CARMODY e STERLING, 1993; DURMISEVIC, 1999; DUFFAUT e LABBE, 2002; NARKHEDE e NANDE, 2010; GOEL, SINGH e ZHAO, 2012).

Paradoxalmente, os ambientes subterrâneos também evocam associações positivas, como segurança e proteção, quando relacionados a seu papel de abrigo. São citados ainda, como aspectos positivos, um ambiente sem distração e, por vezes, uma configuração estimulante por ser novidade, revestida de um ar de mistério e aventura. O contexto histórico de londrinos buscando abrigo em espaços subterrâneos pode, por exemplo, invocar uma percepção de refúgio e conforto em vez de confinamento. Da mesma forma, no inóspito inverno canadense, passarelas subterrâneas de pedestres de Montreal ajudam as pessoas a se moverem mais confortavelmente ao redor da cidade, e a rede é vista como uma alternativa desejável a andar no nível da rua exposta às intempéries (REYNOLDS e REYNOLDS, 2015).

A figura 16 sintetiza a percepção dos usuários de ambientes subterrâneos em estudos realizados em diversos países (GOEL et al., 2012; KIM e KIM, 2010; MAIRE et al., 2006; CARMODY e STERLING, 1993; NARKHEDE e NANDE, 2010; DURMISEVIC, 1999).

**Figura 16** - Percepção dos usuários sobre os espaços subterrâneos.



Fonte: Autora (2017)

A percepção de falta de segurança no sistema de metrô de Nova Iorque, na década de 1980, pode ser considerada vital para o surgimento de respostas negativas à utilização dos sistemas subterrâneos públicos atuais. Em seu livro “*New York Metro: The Anatomy of a City*”, Julia Solis escreve sobre atitudes a serem tomadas em relação aos ambientes subterrâneos abandonados após os ataques terroristas ocorridos em setembro de 2001, em Nova Iorque:

Os ataques tiveram um efeito profundo sobre o subterrâneo de Nova Iorque, uma área que agora parece repleta de ameaças. Aqui, em um reino desabitado, escuro e desconhecido para a maioria dos nova-iorquinos, a cidade parece particularmente vulnerável<sup>6</sup> (SOLIS, 2005, p. 5, tradução da autora).

<sup>6</sup> The attacks have had a profound effect on New York’s underworld, an area that now seems rife with threats. Here, in an uninhabited realm, dark and unfamiliar to most New Yorkers, the city appears particularly vulnerable (SOLIS, 2004. p.5).

**Figura 17** - Projeto para o Low Line Park



Fonte: The Low Line (2016)

**Figura 18** - Espaço já existente para teste das espécies



Fonte: Maciel (2016)

Contudo, Nova Iorque está tentando transformar parte desse subterrâneo em um espaço público positivo, como ilustrado pelo exemplo do Low Line, que consiste no projeto para um parque em uma antiga linha de metrô desativada, localizada abaixo da Delancey Street, no Lower East Side de Manhattan (figura 17).

Com mais de seis décadas de abandono, o lugar ainda mantém características interessantes do antigo metrô, como pedras remanescentes e tetos abobadados. Localizado em uma das áreas com menor quantidade de espaços verdes da cidade, o projeto engloba uma tecnologia de captação e transmissão de luz solar para o subterrâneo, tornando possível a criação de vegetação nesse parque público enterrado (THE LOW LINE, 2016).

A estação experimental da Low Line conta com o uso de materiais reflexivos no forro, que potencializam o efeito da iluminação natural trazida através do sistema solar com fibras óticas. A intenção dos idealizadores do projeto é fazer com que as pessoas olhem para baixo, para os espaços subterrâneos.

Ainda em processo de estudos de viabilidade, o Low Line conta com uma estação experimental (figura 18) onde espécies de árvores e arbustos são testadas para sobreviverem nas profundezas do subterrâneo, banhadas pela luz natural trazida da superfície através de tecnologias avançadas de captação e transmissão. O projeto tem forte apoio público e, se concretizado, pode ser um divisor de águas sobre a percepção das pessoas a respeito de ambientes subterrâneos (REYNOLDS e REYNOLDS, 2015).

Assim como o Low Line, diversos outros projetos em subterrâneos vêm sendo anunciados como inovadores e com o intuito de mudarem a maneira de se relacionar com ambientes enterrados. Kim e Kim (2010) reforçam que o aspecto visual em termos de iluminação e as respostas humanas que ocorrem no ambiente subterrâneo são questões de grande preocupação. Muitos



usuários têm grande anseio pela luz natural e contato com o exterior, pois sem eles ocorre a falta de orientação espacial, associada à incapacidade de fuga em uma situação de emergência.

Grahn e Stigsdotter (2003) descrevem, em seu artigo "*Landscape planning and stress*", o contato com a natureza e a luz natural como fatores importantes para diminuir um problema que atinge grande parte da população: o estresse. Esses dois fatores são de grande importância também em espaços subterrâneos, pois, além de auxiliarem na sensação de orientação, diminuem o estresse. Em seu artigo "*What makes a garden a healing garden?*", Stigsdotter e Grahn (2002) também citam os benefícios trazidos pelo contato com a natureza e com a luz do dia como imprescindíveis para a vida humana.

Apesar de o subsolo ser utilizado em todo o mundo e, predominantemente, para a atividade humana, os arquitetos dispõem de poucas pesquisas referentes às respostas das pessoas para esses ambientes (NARKHEDE e NANDE, 2010). Diversos recursos existem para melhorar a percepção do espaço enterrado e devem ser considerados no momento do projeto, como a utilização de tecnologias avançadas, e até mesmo comuns, para possibilitar a entrada da luz natural a fim de integrar o subterrâneo à superfície de forma mais sutil, recurso presente em diversos exemplos no mundo. É preciso mudar a maneira de enxergar as potencialidades dos espaços subterrâneos.

Além disso, é necessário garantir conexões de melhor qualidade entre os ambientes internos, como também tornar a conexão entre o subterrâneo e a superfície mais aprazível e convidativa. A conectividade é um elemento chave para a mobilidade e habitabilidade urbanas, e deve ser o ponto de partida para o planejamento e desenvolvimento das cidades (ZHAO e KUNZLI, 2016).

A conexão pode ocorrer de três formas: física, visual ou implícita. A forma física conecta os espaços através de uma grande rede de locomoção. É a maneira mais forte de conexão mas também a menos flexível, e ocorre nos primeiros estágios do projeto de um

**Figura 19** - Formas de conexão entre os espaços



Fonte: Zhao e Kunzli (2016).

espaço subterrâneo. Já a conectividade visual pode ser concebida em estágios posteriores, pois tem maior flexibilidade na adaptação. Consiste na conexão visual intencional entre os espaços (ZHAO e KUNZLI, 2016).

A conectividade implícita depende da percepção de unidade em um ambiente e não é relacionada com a configuração construtiva. Relaciona-se com a disposição dos elementos e a arquitetura de interiores, e é a forma mais fácil de ser adaptada (ZHAO e KUNZLI, 2016).

Na figura 19, são ilustradas as diferentes formas de conexão entre os ambientes. Destacadas em vermelho, as escadas representam a conexão física; em azul, a conexão visual através das aberturas laterais do grande átrio; e em amarelo, a conectividade implícita que relaciona-se com a decoração e ambientação do interior, proporcionados na imagem em questão pela vegetação e a imagem das bandeiras de diversos países.

Para o sucesso de um ambiente subterrâneo, é importante que estejam presentes as três formas de conectividade. No entanto, principalmente as conexões visuais e implícitas impactam o estado psicológico das pessoas, influenciando sua escolha em frequentar ou não os ambientes subterrâneos (CARMODY e STERLING, 1993; ZHAO e KUNZLI, 2016).

## 2.3 Projetos internacionais exemplares

**Figura 20** - Place des Arts em Montreal



Fonte: Patry-Robitaille (2017).

**Figura 21** - Corredores subterrâneos Place des Arts - Montreal



Fonte: Callejas (2016).

**Figura 22** - Exposição no Palácio do Congresso na edição das Artes no Subterrâneo de 2016 em Montreal



Fonte: Montreal Souterrain (2018)

### 2.3.1 Montreal - Canadá

A cidade de Montreal é um excelente exemplo de "integração paralela" entre subterrâneo e superfície, em que ambos são planejados simultaneamente. Alguns fatores são responsáveis por esse avançado desenvolvimento de ambientes enterrados, como o clima severo, o desejo de criar uma cidade compacta e o desenvolvimento do sistema de transporte combinado com diversas funções (CHOW, *et al.* 2002).

A infraestrutura subterrânea deve estar intimamente ligada à superfície para o desenvolvimento sustentável dos espaços urbanos. Existem, no entanto, algumas dificuldades associadas a tal integração. Geralmente, os planos diretores não abrangem os ambientes subterrâneos, resultando na utilização fragmentada e desconexa desse espaço, que ocasiona locais sem aproveitamento, pois há o equívoco de que no subterrâneo existe espaço ilimitado para a construção (BOBYLEV, 2008).

Os acessos diretos aos sistemas de metrô são evitados em Montreal. As entradas acontecem através de outros edifícios que, integrados ao metrô, aumentam a segurança, permitem a melhor manutenção dos acessos e conexões e diminuem o desconforto psicológico de descer ao subterrâneo (DURMISEVIC, 1999).

O melhor exemplo da ligação da superfície com as galerias subterrâneas e estações de metrô é a Place des Arts, o mais importante complexo de artes da cidade (figura 20), composto pelo Complex Desjardins, Montreal Symphony Orchestra, Les Grands Ballets Canadiens e a Opera de Montreal. Suas galerias subterrâneas muito mais que simples corredores: constituem um espaço cívico que muda de ambientação conforme a área (figura 21). Além de fugir do inverno com temperaturas negativas, o usuário vivencia espaços dinâmicos, compostos por painéis de LED que exibem animações, esculturas e outras obras de arte (figura 22) espalhadas pelos corredores e comércio (CALLEJAS,

**Figura 23** - Place Ville Marie no inverno - acesso ao subterrâneo - Montreal



Fonte: Dabarno (2017)

**Figura 24** - Acesso ao espaço subterrâneo Place Ville-Marie - Montreal



Fonte: Provencher Roy (2016)

**Figura 25** - Abertura zenital - Place Ville-Marie - Montreal



Fonte: Provencher Roy (2016)

2015). Por isso, essa área diferencia-se um pouco das ruas subterrâneas semelhantes a um centro comercial.

Outro exemplo importante é a Place Ville-Marie, em Montreal, que foi a origem da cidade enterrada. A decisão de ampliar o subterrâneo foi um mecanismo criado para o desenvolvimento da área, que seria financiado por uma parceria público-privada e viabilizado com cinco tipos de incentivos: arrendamento de terras desapropriadas para o metrô, comprado com baixo custo; ocupação do domínio público com um túnel em troca de renda anual; fechamento de ruas para complexos imobiliários de grande porte, transferindo-as do domínio público ao privado; bônus por área sob o nível do solo pavimentado; e, por fim, a mais poderosa ferramenta utilizada pela prefeitura para estimular a expansão da sua cidade subterrânea - o acordo de desenvolvimento que permite aos investidores algum abrandamento das regras de zoneamento em troca de melhorias nos projetos, fornecendo espaço público interior e uma ligação direta a uma estação de metrô ou a um edifício já conectado (DURMISEVIC, 1999).

Na figura 23, há a imagem da praça vazia no inverno, época em que a população volta-se ao subterrâneo devido, principalmente, às condições climáticas severas.

A torre de edifícios comerciais e corporativos, ligada à estação central através de passagens de pedestres bem projetadas, é um complexo multifuncional no qual a cooperação entre o poder público e privado é visível. Composta por quatro torres de escritórios, um centro de compras que abriga eventos o ano todo, um estacionamento coberto e uma praça pública ao ar livre, a Place Ville-Marie atrai milhares de pessoas ao fornecer diversos tipos de serviço, além do sistema de transporte subterrâneo intimamente ligado à superfície.

A conexão entre a cidade superficial e o subterrâneo se dá de forma sutil (figura 24). Valendo-se da iluminação natural com o uso de superfícies transparentes (figura 25), é possível fornecer a informação sobre o mundo externo e aliviar a sensação de aprisionamento, gerando a sensação de orientação, conforto e segurança aos usuários (DURMISEVIC, 1999). Nesse complexo,

**Figura 26** - Centro comercial Montreal



Fonte: Decision 1 (2017)

**Figura 27** - Átrio com cobertura transparente na Place Ville-Marie em Montreal



Fonte: Provencher Roy (2016)

**Figura 28** - Interior do Eaton Centre em Montreal



Fonte: Centre Eaton Montreal (2016)

são criados diversos espaços com atmosferas diferentes, através do uso de materiais e cores variadas.

Cafés, restaurantes, passagens, cinemas e centros comerciais (figura 26) criam um ambiente agradável e repleto de vitalidade urbana, fazendo a ligação da superfície com as estações de metrô.

O espaço interno é bastante movimentado, com restaurantes e outros serviços que atendem não só ao edifício de escritórios, como também parte da cidade e o público que utiliza diariamente as estações de metrô. A claraboia ilumina o local de forma agradável, deixando a luz do sol penetrar no ambiente. À noite, a iluminação elétrica é acionada utilizando luminárias instaladas junto à abertura zenital (figura 27).

Segundo Besner (2007), iniciativas privadas, em parceria com o departamento de planejamento da cidade de Montreal, elaboraram o primeiro Plano Diretor, o Plano Ponte, para a cidade subterrânea, em 1962. O conteúdo seria teórico, desenvolvido em volta da nova avenida central linear, com edifícios interconectados por passagens internas em diversos níveis ligando lojas, hotéis, restaurantes, cinemas e centros comerciais do centro da cidade. A rede seria alimentada por clientes vindos das estações subterrâneas de metrô.

Em 1992, Montreal adotou oficialmente seu Plano Diretor, no qual foi recomendado que qualquer nova extensão da rede interna financiada pelo setor privado passasse por um estudo de impacto, a fim de que fosse submetida a normas de segurança e conforto para os usuários. Em 2002, o Plano Diretor foi novamente atualizado, favorecendo os pedestres em vez dos carros, com redes de tráfego cobertas. Por tudo isso, Montreal é considerada uma cidade que integra muito bem o subsolo à superfície, tanto do ponto de vista estrutural quanto da funcionalidade (DURMISEVIC, 1998).

O Eaton Centre (projeto de Eberhard Zeidler 1978-79) é um dos principais centros comerciais da cidade (figura 28), localizado no coração financeiro de Montreal e conectado à rua Saint Catherine,

**Figura 29** - Estação de metrô La Salle em Montreal



Fonte: Mclaughlin (2016)

**Figura 30** - Estação de metrô Préfontaine - Montreal



Fonte: Mclaughlin (2016)

**Figura 31** - Estação de metrô Radisson - Montreal



Fonte: Mclaughlin (2016)

local das maiores lojas. O Eaton Centre é um ambiente amplo que ilumina o subsolo através de claraboias, outro bom exemplo de combinação de comércio e serviços com transporte subterrâneo. A proposta de acessos das estações de metrô ligados a outros edifícios é muito vantajosa para a qualidade dos espaços.

Nas estações de metrô, a contribuição de diversos artistas transforma os locais em uma galeria de arte subterrânea. Cada estação possui sua atmosfera e identidade. O senso de espaço e lugar é bastante forte.

A Estação La Salle (figura 29), projeto dos arquitetos Didier e Gillon et Larouche e dos artistas Michèle Tremblay-Gillon e Peter Gnass, foi construída em 1978. É praticamente uma escultura abstrata, com formas angulares surpreendentes e tons vivos de vermelho, roxo e verde. Essas formas contrastam com as próprias paredes, que são de concreto cinza escuro mais sóbrio, com sulcos diagonais (MCLAUGHLIN, 2016).

A iluminação natural, de forma indireta, realça a materialidade do interior e é complementada pela luz elétrica, criando um ambiente único e agradável ao usuário.

A estação Préfontaine (figura 30), por sua vez, possui uma característica de sucesso garantido - a luz solar direta. Um grande quiosque, totalmente envidraçado, permite que a luz inunde o nível da plataforma, formando desenhos nas superfícies graças às vigas metálicas (MCLAUGHLIN, 2016).

A estação Radisson (figura 31) é caracterizada por formas arredondadas dramáticas em concreto pálido e aço inoxidável, o que confere um estilo futurista. A iluminação elétrica é focada para os locais de passagem dos usuários (MCLAUGHLIN, 2016).

Há várias lições a serem aprendidas com o desenvolvimento do subterrâneo do Canadá, entre elas, a integração do planejamento entre iniciativa público e privada; a utilização de diferentes cores, que ajuda a gerar a identidade do lugar; a separação entre o fluxo de pedestre e de automóvel; a introdução da luz natural e contato com o exterior; o acesso ao subterrâneo através de outros edifícios; e estações de metrô amplas e projetadas por vários

**Figura 32** - Estação Wilhelminaplein - Roterdã



Fonte: Lomholt (2014)

**Figura 33** - Revestimento reflexivo da estação



Fonte: Lomholt (2014)

**Figura 34** - Passagens estação de Wilhelminaplein



Fonte: Lomholt (2014)

profissionais para garantir a diversidade de identidade (DURMISEVIC, 1999).

Apesar de Montreal ser reconhecida como referência em construções no subterrâneo, por ter o clima severo como característica que propicia esse tipo de edificação, em diversos países vêm surgindo projetos de ambientes subterrâneos de grande qualidade arquitetônica que proporcionam bem-estar aos usuários, como é o caso da estação de metrô Wilhelminaplein, em Roterdã, na Holanda.

### 2.3.2 Roterdã - Holanda

A maior parte da Holanda localiza-se abaixo do nível do mar e, portanto, torna-se curiosa a construção de espaços subterrâneos no país. O solo macio e o nível da água alto impossibilitam a construção subterrânea a grandes profundidades devido aos elevados custos. Os ambientes enterrados têm, portanto, de dois a três pavimentos abaixo do nível do solo, o que permite o uso de métodos mais simples de iluminação natural, como os sistemas de abertura zenital. Randstad, a região mais populosa do país, cresce de forma compacta, integrando o subterrâneo à superfície para preservar os centros históricos (DURMISEVIC, 1999).

Na estação de metrô Wilhelminaplein, em Roterdã, materiais reflexivos aplicados em diferentes superfícies dão a ilusão de que cada uma delas é uma fonte de luz - cores brilhantes e reflexão de luz, combinadas com as plataformas amplas, reduzem a sensação de estar enclausurado no subsolo (figura 32). A luz natural é utilizada tanto quanto possível e surte efeito positivo, pois dá a informação sobre o mundo externo, traz dinamismo devido à mudança de intensidade e contribui para a melhor orientação. O emprego do material espelhado (figura 33) cria uma sensação de maior espacialidade e reflete a luz em diferentes direções.

A iluminação elétrica ocorre nas paredes laterais e, de forma mais geral e uniforme, nas áreas por onde há circulação. Nas passagens compostas por esteiras, como na figura 34, a

**Figura 35** - Crânios empilhados nas Catacumbas de Paris



Fonte: Les Catacombes (2016)

**Figura 36** - Catacumbas de Paris



Fonte: Les Catacombes (2016)

**Figura 37** - Catacumbas de Paris



Fonte: Les Catacombes (2016)

iluminação indireta é potencializada pelo uso de um material em tons claros com alto brilho, espalhando a luz ao longo do trajeto.

Uma entrada para os visitantes do Teatro Nieuwe Luxor, aberta em 2005, leva os passageiros, através de esteiras rolantes, diretamente ao outro lado da movimentada interseção de Wilhelminaplein e Posthumalaan. Os materiais reflexivos são adotados para revestir todas as passagens da estação.

### 2.3.3 Paris - França

Com 169 quilômetros de túneis de metrô, dois mil quilômetros de galerias de esgoto e 300 quilômetros de antigas minas, Paris vive sobre um imenso mundo subterrâneo. O solo de Paris é escavado desde antes do século XII, primeiramente pela necessidade da extração de calcário e pedras usadas na construção de muitos edifícios da cidade, entre eles a própria Catedral de Notre-Dame. A exploração provocou a formação de cavernas subterrâneas no subsolo parisiense, que foram devidamente ancoradas com as próprias pedras extraídas (geomateriais). Mais de 300 quilômetros de cavernas permaneceram abandonados durante anos, e a cidade expandiu-se sobre eles (PAES, 2013).

Parte das galerias abertas ao público compõe as famosas Catacumbas<sup>7</sup> de Paris (figuras 35, 36 e 37), onde foram empilhados esqueletos pela necessidade de esvaziar os cemitérios superlotados da cidade, que ameaçavam a saúde pública (LES CATACOMBES, 2016).

Atualmente, é um ponto turístico famoso da cidade e preserva a característica de caverna, com piso e teto em rochas. Uma rede de luz elétrica permite visualizar perfeitamente as ossadas ali expostas.

O metrô de Paris, atualmente, é referência mundial em termos de eficiência. A complexa rede conta com 214 quilômetros e 62

<sup>7</sup> Edificação subterrânea utilizada como sepultura ou depósito de ossos de pessoas mortas.

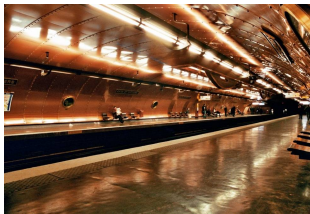


**Figura 38** - Acesso à estação de metrô - Paris



Fonte: Autora (2012)

**Figura 39** - Estação de metrô Arts et Métiers - Paris



Fonte: Gaete (2014)

**Figura 40** - Forum Les Halles em Paris



Fonte: Projet Les Halles (2016)

conexões. A consulta ao mapa é obrigatória, mesmo para os habitantes locais. São 301 estações e as linhas foram construídas, na sua maior parte, acompanhando o traçado das ruas, o que explica também o desenho sinuoso das vias. A rede de trens de subúrbio completa a linha de transporte subterrâneo de Paris (PAES, 2013).

Por serem muito profundas, as estações de metrô de Paris apresentam diversas formas de iluminação elétrica, e o acesso a muitas delas ocorre diretamente da rua, através das famosas estruturas de ferro em estilo Art Nouveau projetadas por Hector Guimard por volta de 1900 (figura 38).

Uma das estações mais bonitas da cidade é a Arts et Metiers (figura 39), revestida por cobre e valorizada pela iluminação elétrica. A estação parece uma obra de arte e fica poucos metros abaixo do Museu de Artes Decorativas da cidade (GAETE, 2014).

Outro exemplo de edifício subterrâneo de grande impacto encontra-se no Les Halles, no centro da cidade, onde funcionava um grande mercado central desde o século XII. Em 1960, foram construídos um grande centro comercial (figura 40), com vários níveis abaixo do solo, uma estação de metrô e uma estação da rede de trem expressa regional (RER). Inaugurado em 1970, o conjunto foi chamado de Forum des Halles. Por sua vez, a estação de metrô, uma das mais movimentadas da cidade, foi denominada Châtelet-Les-Halles, com três linhas regionais (RER) e cinco linhas de metrô. Ela está ligada a 302 outras estações. A figura 40 ilustra o intenso movimento diário na estação.

Apesar de sua posição privilegiada na cidade, o Forum les Halles não teve boa aceitação pelo público e acabou tornando-se um local degradado e conturbado. O ambiente subterrâneo era confinado e congestionado, e o conjunto atingiu a saturação de sua capacidade. Além disso, os ambientes tortuosos e sem unidade dificultavam a orientação dos usuários (CONEXÃO PARIS, 2016).

**Figura 41** - Estação Châtelet-Les-Halles - Paris



Fonte: Metrô Paris (2017)

**Figura 42** - Vista geral da cobertura envidraçada em construção - Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

**Figura 43** - Detalhes da cobertura Les Halles - Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

Por outro lado, Koolhaas (1995), em "The terrifying Beauty of the Twentieth Century" , questiona: "Alguma área na história - com exceção, talvez, do fórum romano - foi mais rica em história arquitetônica que o Fórum des Halles e seu entorno imediato, incluindo o Beaubourg?". O local, além de abrigar intenso movimento também é um espaço urbano de vitalidade e são essas qualidades que se pretende reforçar com o novo projeto.

Após diversas discussões, e com o intuito de dar uma forma definitiva ao grande centro comercial, foi realizado um concurso público. Os ganhadores, Patrick Berger e Jacques Anziutti<sup>8</sup>, propuseram uma grande estrutura curva e envidraçada ("la Canopée") que, como um organismo ondulado e sem apoios intermediários, cria um enorme vão, cobre a praça do setor comercial e emoldura as principais visuais. Com essa obra, pretendem dissolver o limite horizontal intransponível entre o subsolo e a superfície tornando o local mais permeável tanto físico quanto visualmente (ABUAUAD, 2014).

O local encontra-se em obras, e a previsão de término é 2018. A estação de metrô permanece em funcionamento (figura 41) durante as reformas. A figura 42 mostra a cobertura "la Canopée" em uma vista aérea cobrindo todo acesso ao espaço subterrâneo, com o acabamento envidraçado que possibilita iluminação e ventilação natural, como é possível ver na figura 43, criando um espaço de transição entre a superfície e o subterrâneo.

Com o ambiente degradado e diversas lojas fechadas, o projeto de renovação do Forum Les Halles teve como objetivo restaurar a imagem desse monumento ao urbanismo subterrâneo, melhorar o funcionamento do metrô e tornar o ambiente mais agradável e acolhedor, com instalações comerciais e culturais, além das estações de trem e metrô renovadas. O acesso de pedestres foi melhorado e o espaço subterrâneo, reconstruído.

<sup>8</sup> Arquitetos membros do escritório Patrick Berger Jacques Anziutti architectes

Um jardim, uma área de pedestres estendida e passagens subterrâneas estruturadas irão ligar a cidade superficial à cidade enterrada (figura 44).

**Figura 44** - Complexo de cultura, lazer, comércio e mobilidade urbana em Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

O projeto de revitalização lançado pela Ville de Paris envolveu quatro parceiros: a região Île-de-France, o STIF (Syndicat des Transports d'Île-de-France), a RATP (autoridade responsável pelo funcionamento do centro de transportes) e a Société Civile du Forum des Halles de Paris (responsável pelo centro de compras). O envolvimento da população aconteceu através de reuniões frequentes e do *site* [www.parisleshalles.fr](http://www.parisleshalles.fr). O novo projeto, com a intenção de ser a imagem definitiva do complexo, gerou divergências na população do bairro e da cidade que participou das decisões (PARIS LES HALLES, 2016).

Com oito pavimentos – sendo cinco subterrâneos - e 22 metros de profundidade, um dos objetivos do projeto foi trazer a luz do dia para a infraestrutura subterrânea, proporcionando mais coesão, respiração e espaço para o bairro onde está inserido. Os acessos e os corredores internos ficaram mais amplos e adequados ao volume de pessoas que diariamente utilizam o local - cerca de

**Figura 45** - Vista da cobertura em acesso secundário - Les Halles - Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

**Figura 46** - Vista do interior do ambiente para a praça abaixo da cobertura - Les Halles - Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

**Figura 47** - Escadas rolantes em vidro e piso em granito claro Les Halles - Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

750.000 usuários do sistema de metrô e do RER, além de 300.000 pedestres (PARIS LES HALLES, 2016). A proposta de remodelação, portanto, tornou a comunicação entre os níveis da rua e subterrâneos mais fácil e direta possível, como mostra a figura 48.

**Figura 48** - Conexão entre subterrâneo e superfície - Les Halles - Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

A cobertura do pátio enterrado que articula o local entre a praça e o metrô é feita de barras translúcidas e faces de vidro. Permite a passagem da luz do dia e a ventilação do ambiente (figura 45), além de captar energia solar através dos painéis fotovoltaicos montados no norte e sul dos edifícios por ela cobertos (PARIS LES HALLES, 2016). A questão central foi a iluminação natural, que penetra através das grandes aberturas envidraçadas (figura 46) e escadas rolantes de vidro (figura 47).

Um novo sistema de iluminação elétrica, composto por painéis de LED (Light Emitter Diode) e elementos arquitetônicos interativos, foi instalado para melhorar a visualização de um patamar a outro.

Nas áreas comerciais, o piso foi pavimentado com peças de granito em tons claros e, ao lado das escadas transparentes, foram instaladas colunas com telas de LED que mostram imagens em tempo real do vitral das janelas da igreja vizinha Saint-Eustache e da fachada do Centro Pompidou,

proporcionando uma conexão maior das pessoas com o mundo exterior. A imagem 49 demonstra as duas colunas com telas de LED.

**Figura 49** - Acesso aos diferentes níveis através de escadas rolantes transparentes - Les Halles - Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

Nas plataformas das estações de metrô, o teto completamente iluminado de forma indireta amplia o espaço (figura 50).

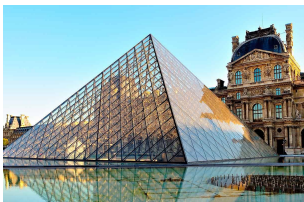
**Figura 50** - Iluminação da estação de metrô - Les Halles - Paris



Fonte: Paris Les Halles (2016)

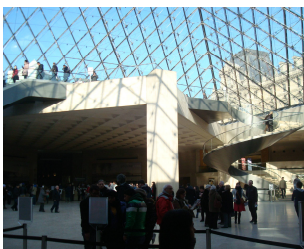
Outro projeto que passou por uma reforma envolvendo espaços subterrâneos em Paris foi o Museu do Louvre. Uma nova entrada

**Figura 51** - Museu do Louvre Paris



Fonte: Paiva (2015)

**Figura 52** - Hall subterrâneo do Museu do Louvre - Paris



Fonte: Autora (2012)

**Figura 53** - Hall subterrâneo do Museu do Louvre - Paris



Fonte: Autora (2012)

forneceu um espaço conveniente de átrio central, separado das galerias, conformando um ponto focal para o processo cíclico da experiência através do museu. O acesso acontece através da grande pirâmide de vidro e aço, cercada por três pirâmides menores que fornecem luz aos espaços subterrâneos no pátio do palácio histórico. As pirâmides de vidro foram projetadas pelo arquiteto I.M. Pei em 1984 e são o único sinal do *hall* que permanece enterrado.

A pirâmide principal (figura 51) é uma porta de entrada, um pórtico para as galerias principais do Louvre, que se localizam no subsolo.

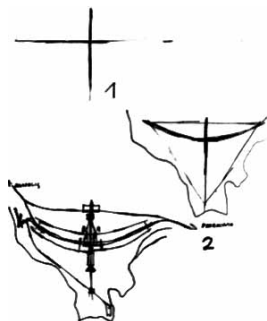
A colocação do *hall* de entrada no subterrâneo, além de preservar o pátio do palácio, também deu liberdade aos projetistas para escolherem a melhor forma para a planta. É um caso em que o espaço enterrado é utilizado para preservação do patrimônio histórico (CHOW *et al.*, 2002).

Nas figuras 52 e 53, o tradicional Museu do Louvre, em Paris, tendo seu *hall* banhado pela luz do dia, que se infiltra no ambiente através da pirâmide envidraçada e diminui a sensação de um ambiente enclausurado.

Diversos bons exemplos de uso do espaço subterrâneo existem no mundo. Características comuns são percebidas nesses locais: a utilização de diferentes cores e materiais, que criam ambientes dinâmicos e trazem identidade ao local. O emprego de materiais reflexivos é um recurso para propagar a luz, mas deve ser usado com cautela a fim de não causar ofuscamento.

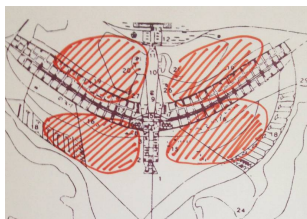
Já o projeto de ambientes amplos é ambíguo, pois, apesar de reduzir a sensação de aprisionamento e sufocamento, pode causar desorientação. A iluminação natural deve ser priorizada e complementada com a iluminação elétrica, uma vez que, além de gerar economia, também traz bem-estar aos usuários.

**Figura 54** - Traçado de Brasília - duas grandes vias dividem a cidade



Fonte: Angelis (2015)

**Figura 55** - Brasília dividida em quatro quadrantes ao longo dos dois grandes eixos



Fonte: Angelis (2015)

**Figura 56** - Pedestres se arriscam atravessando a movimentada avenida Brasília



Fonte: Angelis (2015)

## 2.4 Exemplos nacionais

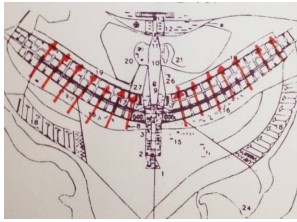
No Brasil, também existem espaços subterrâneos conectados a equipamentos de mobilidade urbana e em centros comerciais, hospitais, bancos e diversos espaços de lazer. Alguns desses ambientes obtiveram sucesso e são pontos de grande vitalidade e movimento urbano, como em São Paulo. Outros enfrentam problemas sérios de utilização e são evitados pela população. A seguir, são apresentados alguns desses exemplos.

### 2.4.1 Passagens subterrâneas em Brasília

São um exemplo de extrema relevância urbanística, porém malsucedido (ANGELIS, 2015). Analisando o Plano Piloto, Brasília é dividida em quatro quadrantes (figura 54 e 55), através de dois grandes eixos de mobilidade – norte e sul. A distância entre a Asa Sul e a Asa Norte, passando pelo Eixo Monumental, é bastante grande para ser percorrida a pé, por isso as pessoas utilizam algum meio de transporte quando precisam se locomover nesse sentido. Por outro lado, os pedestres enfrentam um problema diário: a passagem de um quadrante para outro no sentido leste-oeste, cuja distância é curta e o trajeto seria tranquilo de percorrer a pé se não houvesse a via de alto tráfego no meio do caminho (ANGELIS, 2015).

O eixo rodoviário, conhecido pelos moradores como “Eixão”, é uma grande via que conecta toda a cidade no sentido norte-sul, com velocidade permitida de 80 km/h e seis faixas, sendo três para cada sentido mais uma faixa no meio, de separação entre as vias. O “Eixão” se torna um imenso obstáculo aos pedestres que desejam sair da sua quadra e ir até o edifício em frente, possível de ser visto “do outro lado da rua”. A via, ao mesmo tempo que facilita a mobilidade por automóvel de uma ponta a outra da cidade, cria uma barreira praticamente intransponível para o pedestre, fazendo com que muitas pessoas se arrisquem atravessando a pista em meio aos automóveis, como na figura 56.

**Figura 57** - Esquema das passagens sob o "Eixão" - Brasília



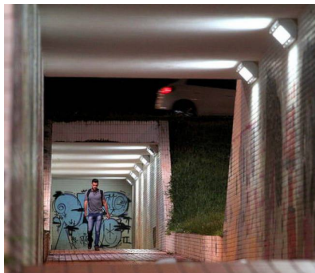
Fonte: Angelis (2015)

**Figura 58** - Imagem da uma passarela sob o "Eixão" Brasília



Fonte: Angelis (2015)

**Figura 59** - Iluminação elétrica de uma passarela sob o "Eixão" Brasília



Fonte: Angelis (2015)

Para resolver esse problema, o arquiteto Lúcio Costa propôs passagens subterrâneas (figura 57) para conectar a cidade no sentido leste-oeste, tanto da Asa Sul quanto da Asa Norte, e que serviriam para resolver essa circulação, encaminhando pedestres com segurança e evitando carros em alta velocidade.

A maioria das pessoas, no entanto, prefere atravessar pela superfície, no meio dos carros, em vez de utilizar as passarelas, que são lugares insalubres, mal iluminados e propícios à ocorrência de assaltos e outros crimes (figura 58 e 59). São frequentes as manchetes de jornais denunciando o abandono e a falta de segurança das passagens subterrâneas, bem como noticiando acidentes envolvendo carros e pedestres no "Eixão".

Segundo jornais da cidade, frequentemente são feitas revitalizações nas passagens, como reparos nos revestimentos e instalação de novas luminárias. No entanto, em pouco tempo as paredes e luminárias estão novamente depredadas. Para os moradores de Brasília, as passagens subterrâneas sob o "Eixão" são tão brasilienses quanto os cobogós e os pilotis (ANGELIS, 2015).

Sugestões de manter o uso da passarela, mas criar atividades permanentes, locais de convívio com pequeno comércio, abrir mais acessos para a luz natural e eliminar o caráter de passagem escura e insalubre, são frequentemente discutidas em fóruns e jornais de Brasília, como o Jornal R7 e o site Brasília Concreta (ANGELIS, 2015). Essas alterações propiciariam vitalidade urbana ao ambiente, diminuindo a depredação do local e aproveitando o potencial desses espaços subterrâneos (HESSEN, 2015).

O problema das passagens subterrâneas vem sendo discutido pela ABRASPE (Associação Brasileira de Pedestres), que recomenda que nas rodovias, nos locais com número de pedestres reduzido e, especialmente, nas avenidas muito largas, as passarelas e as passagens subterrâneas surjam como solução para assegurar o direito à travessia segura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PEDESTRES, 2000).



De acordo com a associação, atualmente, tão ou mais importante que o conforto, é a segurança. Muitos pedestres, principalmente os mais frágeis, negam-se a utilizar passagens subterrâneas por medo de assaltos e de outras formas de violência. Portanto, no local da passagem especial de pedestres deve haver, sempre que possível, atividades comerciais ou culturais. Melhor ainda seria localizá-la junto a postos policiais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PEDESTRES, 2000). Assim como o binômio parada de ônibus/passagem de pedestre deve se adequar aos trajetos e locais desejados pela população, nada mais justo que o policiamento ostensivo também esteja próximo, ou até mesmo junto, desse local.

#### **2.4.2 Estação Sé em São Paulo**

As estações de metrô podem ser flexíveis a ponto de proporcionarem até mesmo uma dissociação entre forma e conteúdo. São locais de intenso movimento e vitalidade, e muitas delas passaram por diversas mudanças através da história (SOUSA e ABASCAL, 2014).

As estações subterrâneas em São Paulo foram concebidas como verdadeiras "cavernas", caracterizando-se pela ligação com a superfície apenas pelos acessos e sem entradas de ar e luz naturais.

Com o intuito de romper a grande semelhança entre as estações, foram empregadas formas geométricas diversas na definição plástica das lajes de cobertura que constituem os tetos dessas edificações. Outro elemento utilizado para diferenciar as estações e possibilitar sua imediata identificação é o revestimento das paredes das plataformas com placas metálicas esmaltadas, com características geométricas e cromáticas peculiares (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

Inaugurada em 1978, a Estação Sé integra as linhas 1-Azul e 3-Vermelha da rede metroviária (figura 60). É a maior estação da rede, podendo atender 100.000 usuários/hora.

**Figura 60** - Mapa do metrô de São Paulo e na mancha vermelha, a localização da Estação Sé



Fonte: Governo do Estado de São Paulo (2016)

**Figura 61** - Acesso a estação Sé



Fonte: Adolpho (2017)

**Figura 62** - Acesso às plataformas da estação



Fonte: Adolpho (2017)

**Figura 63** - Claraboia no vão central da Estação Sé



Fonte: Adolpho (2017)

O principal acesso à Estação Sé integra-se à praça da Catedral da Sé ao nível do passeio (figura 61). Através de escadas rolantes (figura 62) e outras formas de circulação vertical, o usuário mergulha no subterrâneo, situação em que a forte iluminação da luz do dia contrasta com o interior mais escuro. Contando com três níveis, se organiza em um mezanino, que distribui o fluxo, e dois níveis sobrepostos, com duas plataformas laterais e uma central com estrutura em concreto aparente.

A estação é projeto do arquiteto Roberto McFadden, que, em conjunto com outros arquitetos, entre eles Renato Viegas, Eduardo Hotz, Meire Selle, Flávio Colato e José Paulo de Bem, elaborou os primeiros estudos para o metrô de São Paulo. Um trabalho intenso que formulou as diretrizes para projeto do metrô focado na relação entre arquitetura, cidade e transportes urbanos, integrando diversos tipos de transporte e lidando com condicionantes e diferentes métodos construtivos (ANELLI e SEIXAS, 2008).

Diferentemente das demais estações subterrâneas da Linha 1-Azul, o partido arquitetônico dessa estação aproveitou as interações entre o terreno e a construção subterrânea, resultando em maior integração da superfície com os ambientes enterrados. A abertura de um grande átrio no vão central da estação possibilita a entrada natural de luz e ar desde a praça até as plataformas no nível mais inferior da estação (figura 63). Com a inserção da claraboia no centro da Estação Sé, é superado o paradigma de isolamento subterrâneo das estações (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

Fica destacada a insistência de McFadden em utilizar a luz natural nos trechos subterrâneos, em forma de recortes e aberturas, como na Sé (ANELLI e SEIXAS, 2008).

A infraestrutura, sempre ocultada, passa a desempenhar um importante papel formal, funcional e simbólico da própria arquitetura e da cidade. Flexíveis quanto às possibilidades de ocupação, esses suportes vazios estruturam e organizam o funcionamento dos espaços principais, são apropriados, muitas vezes de formas inusitadas, acolhendo manifestações diversas, favorecendo o surgimento de eventos,

acontecimentos inesperados, para em seguida retomarem sua condição suplementar, infraestrutural (SOUSA e ABASCAL., 2014, n. 171).

A Estação Sé é um bom exemplo no Brasil de espaço enterrado que faz o uso combinado da iluminação natural com a luz elétrica. Além da grande abertura zenital, que inunda de luz todos os pavimentos, a abertura circular entre os vãos permite o contato visual entre as pessoas e a orientação dentro do ambiente.

Apesar de o projeto qualificar o ambiente subterrâneo, foi duramente criticado por descaracterizar a praça em sua superfície. No *blog* resultante de um estudo feito na Praça da Sé por alunos da FAAP (Fundação Armando Álvares Penteado - SP), entre outubro e dezembro de 2007, encontra-se o trecho:

Na estrutura da praça era legível o pano de fundo que guiava o projeto final, a subordinação do espaço aberto ao subterrâneo do metrô. Essa escolha levou a uma rigidez e setorização excessiva dos espaços, e a uma falta de visibilidade que não favorecia a circulação e a fluidez dos mesmos por parte dos pedestres. Embora tenha sido dado uma grande atenção aos detalhes, cascatas e esculturas, que foram muito valorizados, faltou uma valorização do espaço em sua complexidade e inteireza. (PROJETO MARCOZERO, 2007, p. 5).

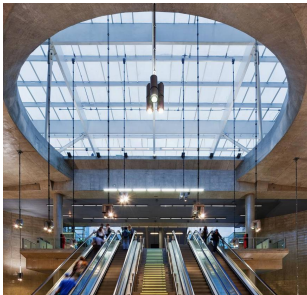
A partir desse projeto, caracterizado pela presença de luz natural, que torna o ambiente muito mais agradável, o partido arquitetônico foi amplamente empregado em outras estações subterrâneas. A arquitetura metroviária passou a considerar com mais frequência a integração do subterrâneo com o entorno, através de aberturas para a penetração do ar e da luz natural. É o caso das estações Marechal Deodoro, Santa Cecília, Ana Rosa, Jardim São Paulo, Vila Prudente, entre outras (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

**Figura 64** - Foto do acesso à Estação Vila Prudente São Paulo



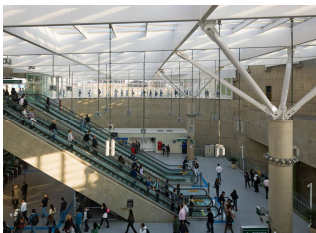
Fonte: Kon (2016)

**Figura 65** - Fotos do hall com a cobertura envidraçada Estação Vila Prudente - São Paulo



Fonte: Moura (2016)

**Figura 66** - Hall com iluminação natural Estação Vila Prudente São Paulo



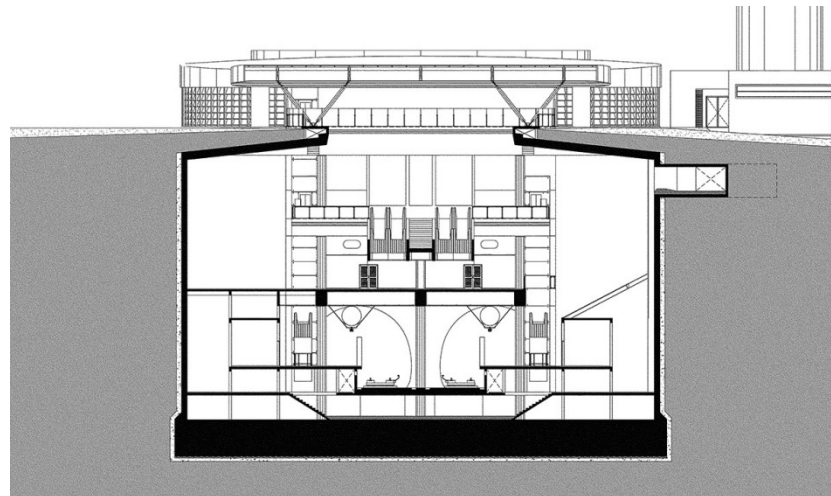
Fonte: Moura (2016)

### 2.4.3 Estação Vila Prudente em São Paulo

As novas estações de metrô de São Paulo apresentam projetos que têm como foco principal os ambientes iluminados e ventilados naturalmente, como a Estação Vila Prudente, projeto do escritório Luiz Esteves Arquitetura, inaugurada em 2010. Para o arquiteto Luiz Esteves, autor do projeto, "espaço e luz são os principais elementos que definem e valorizam a arquitetura da estação" (GELINSKI, 2011).

O corpo do edifício é constituído por dois elementos circulares com 40 metros de diâmetro (figura 64), onde estão situados os níveis de acesso, as salas operacionais, os sanitários, a circulação de acesso ao embarque e as plataformas. A entrada de luz é garantida pela cobertura totalmente envidraçada (figura 65) composta por vidros autolimpantes (figura 66) de controle solar, solução que permite a entrada de luz até a plataforma (figura 67), a 14 metros de profundidade, barrando 40% da entrada de calor (GELINSKI, 2011).

**Figura 67** - Corte transversal da Estação de metrô Vila Prudente - São Paulo - a luz penetra até a plataforma



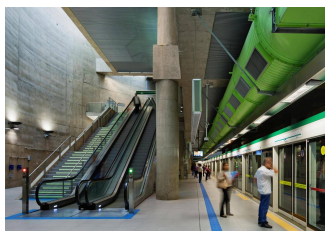
Fonte: Kon (2016)

**Figura 68** - Interior da estação



Fonte: Kon (2016)

**Figura 69** - Nível das plataformas



Fonte: Kon (2016)

A ligação da estação com a superfície acontece no nível do passeio. A imensa cobertura envidraçada conduz a luz natural até as áreas mais profundas da estação.

O projeto é resultado da integração de necessidades funcionais e técnicas. Nos dois poços circulares localizam-se os equipamentos de circulação vertical, como escadas rolantes e fixas e elevadores. A estação divide-se em quatro níveis principais: térreo, onde está situado o acesso; mezanino, onde ficam as bilheterias; nível intermediário, para serviços e acesso às plataformas; e o nível das plataformas (figura 68 e 69).

Os acabamentos da estação são constituídos por concreto aparente, aço inox, estruturas de aço branco, vidro e pastilhas de cerâmica cobrindo as paredes internas. A configuração do espaço, a integração entre níveis e a forma como a luz natural inunda até os locais mais profundos, destacando a amplitude e a materialidade, valorizam a arquitetura da estação.

## 2.5 Análise dos exemplos apresentados

Dos exemplos anteriormente citados, foram selecionados três ambientes subterrâneos, ligados a equipamentos de mobilidade urbana, que são considerados ambientes de sucesso (DURMISEVIC, 1999; GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016; PARIS LES HALLES, 2016): a Estação Sé, a Place Ville Marie e o Les Halles.

Criou-se uma matriz de comparação para encontrar pontos em comum entres os equipamentos, localizados em países diferentes.

Os quadros 1 e 2 apresentam uma síntese da comparação.

**Quadro 1 - Matriz de comparação dos sistemas de iluminação dos três casos**

	<b>PLACE VILLE MARIE</b>	<b>ESTAÇÃO SÉ</b>	<b>NOVO LES HALLES</b>
<b>ARQUITETO</b>	LM PEI & Partners Dimitri Dimakopoulos	Roberto Mc Fadden	Patrick Berger e Jacques Anziutti
<b>ANO DE INAUGURAÇÃO</b>	1962	1978	Original 1960 Revitalização 2018 (Em obras)
<b>FUNÇÃO DO EDIFÍCIO</b>	Comércio, serviços, cinemas, passagens, estação de metrô	Estação de metrô	Comércio, serviços, cinemas, passagens, estação de metrô
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Montreal - Canadá	São Paulo - Brasil	Paris - França

**CONCEITO DO PROJETO**

A Ligação com a superfície acontece de forma suave, através de um hall com cobertura envidraçada, em meio a uma praça. Possui vários espaços com atmosferas diferentes utilizando materiais e cores variados que criam um ambiente agradável e repleto de vitalidade urbana ligando a superfície às estações de metrô (DURMISEVIC, 1999).

Um grande vazio atravessa o interior da estação conduzindo a luz natural para as áreas mais profundas da estação. Os chanfros nas lajes diminuem visualmente a espessura. O projeto obteve sucesso quebrando o paradigma do isolamento das estações e o partido arquitetônico foi amplamente empregado nos projetos de outras estações (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

Em meio a um parque com uma cobertura translúcida que permite com que a luz penetre nos andares inferiores, o Novo Les Halles foi projetado para qualificar o urbanismo subterrâneo, tornando o ambiente mais agradável e acolhedor, com instalações comerciais e culturais, além de melhorar o funcionamento do metrô (PARIS LES HALLES, 2016).

**ACESSO E COMUNICAÇÃO COM O NÍVEL DA RUA**



FOTO: LM PEI (2017)

A conexão acontece em uma praça. O acesso aos estacionamentos acontece diretamente por escadas e o acesso ao subterrâneo através do próprio edifício comercial, valendo-se de cobertura e superfícies transparentes.



FOTO: Rachel Adolpho (2017)

O acesso acontece na praça da Sé, através de um volume que liga a superfície ao subterrâneo por de escadas e elevadores. A iluminação natural invade o pavimento inferior pelo átrio e pela superfície transparente do edifício de acesso.












FOTO: Paris les Halles (2016)

O acesso acontece em um parque através de uma cobertura translúcida denominada de 'La Canopée' que deixa passar a luz natural para os pavimentos inferiores. Abaixo da cobertura há uma praça coberta iluminada e ventilada também através da cobertura.

Fonte: Autora (2017)

**Quadro 2 - Matriz de comparação dos sistemas de iluminação dos três casos**

	PLACE VILLE MARIE	ESTAÇÃO SÉ	NOVO LES HALLES
<b>ELEMENTOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO NATURAL</b>	 <p>FOTO: Provencher Roy (2016).</p> <p>Na área de acesso a cobertura é transparente que permite contato visual com o exterior.</p>	 <p>FOTO: Rachel Adolpho (2017)</p> <p>Grande átrio central que conduz a luz natural e renova a ventilação. A cobertura translúcida permite contato visual com o exterior.</p>	 <p>FOTO: Paris les Halles (2016)</p> <p>A grande cobertura envidraçada faz a conexão entre o espaço interno e externo.</p>
<b>ILUMINAÇÃO ELÉTRICA NO INTERIOR DO EDIFÍCIO</b>	 <p>FOTO: Provencher Roy (2016).</p> <p>Sancas no forro com iluminação indireta.</p>	 <p>FOTO: Rachel Adolpho (2017)</p> <p>Iluminação direta através de luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares.</p>	 <p>FOTO: Paris les Halles (2016)</p> <p>Iluminação indireta através de sancas ou superfícies iluminadas.</p>
<b>ILUMINAÇÃO ELÉTRICA NAS PLATAFORMAS</b>	 <p>FOTO: Metrô de Montreal (2016).</p> <p>Iluminação contínua focada na área de embarque* * Obrigatório por norma</p>	 <p>FOTO: Stankus (2017).</p> <p>Iluminação contínua focada na área de embarque* * Obrigatório por norma</p>	 <p>FOTO: Paris les Halles (2016)</p> <p>Iluminação contínua focada na área de embarque* * Obrigatório por norma</p>

Fonte: Autora (2017)



A Place Ville Marie surge como exemplo mais consolidado na malha urbana. Foi dali que partiu o urbanismo subterrâneo, em 1962. Trata-se de um centro de comércio e negócios que faz ligação com três estações de metrô da cidade e com diversas linhas de ônibus. O acesso ao subterrâneo acontece indiretamente, pelo interior do edifício comercial, o que diminui a sensação desconfortável de se estar chegando a um ambiente enterrado. É semelhante ao que acontece no Novo Les Halles, onde o usuário atravessa um parque e uma galeria coberta para, então, acessar pavimentos mais profundos.

Na Estação Sé, em São Paulo, o acesso acontece de forma brusca e direta, mas o impacto de se estar no subterrâneo é atenuado pelo grande átrio com cobertura translúcida, onde se pode ter ideia do que acontece no espaço exterior.

A iluminação dos dois centros comerciais segue o padrão de ser indireta. No Novo Les Halles, a alta tecnologia de LED irá iluminar elementos arquitetônicos e transmitir o que acontece no exterior em tempo real. A Estação Sé, por sua vez, tem luminárias com lâmpadas fluorescentes, padrão que se repete em diversas estações no Brasil.

As cores também se destacam nas imagens, sendo os dois locais com comércio pintados em cores mais claras, enquanto a Estação Sé tem concreto aparente, o que deixa o ambiente mais escuro.

Nos três edifícios, a iluminação natural está presente como partido de projeto, corroborando a necessidade de se trazer as condições da superfície para espaços mais profundos como forma de proporcionar bem-estar aos usuários.

**Figura 70** - Auditório Araújo Vianna, ao lado do Parque Ramiro Souto, no Parque Farroupilha - Porto Alegre



Fonte: Auditório Araújo Viana (2018)

**Figura 71** - Acesso ao Auditório Araújo Vianna no Parque Farroupilha - Porto Alegre



Fonte: Auditório Araújo Viana (2018)

**Figura 72** - Interior do Auditório Araújo Vianna - Porto Alegre



Fonte: Auditório Araújo Viana (2018)

## 2.6 Projetos para Porto Alegre - Rio Grande do Sul

Atualmente, Porto Alegre não conta com qualquer construção subterrânea de grande impacto como os exemplos anteriormente citados, apesar de, em 2011, terem sido lançados os primeiros editais para a construção e exploração de estacionamentos subterrâneos na capital gaúcha. A ideia do prefeito, na época, foi construir estacionamentos subterrâneos no Largo Glênio Peres, localizado no centro da cidade, e no Parque Ramiro Souto, situado ao lado do Auditório Araújo Vianna, no Parque Farroupilha (também chamado de Redenção), no bairro Bom Fim (SIMON, 2010).

Palco de shows expressivos, local de manifestações políticas, de assembleias e de palestras de personalidades renomadas, como o Nobel de Literatura José Saramago, o Auditório Araújo Vianna faz parte da história cultural de Porto Alegre (figuras 70, 71 e 72). Inaugurado em 12 de março de 1964, tem capacidade para 4,5 mil pessoas (AUDITÓRIO ARAÚJO VIANNA, 2016).

De acordo com Simon (2011), o estacionamento seria construído sob o campo de futebol do Parque Ramiro Souto (à esquerda do auditório na imagem 70), servindo ao público de eventos realizados no auditório e do Brique da Redenção, aos clientes do Mercado do Bom Fim e até aos moradores do bairro. A ideia do então secretário municipal da Cultura, Sergius Gonzaga, era propor uma Parceria Público-Privada (PPP) para arcar com o investimento de até R\$ 20 milhões. A empresa que executasse a obra receberia concessão para explorar o empreendimento por tempo ainda não definido.

Além das vagas, o empreendimento teria farmácias, lavanderias e caixas eletrônicos. O projeto foi submetido a estudo de viabilidade e a análises ambientais, bem como a audiências públicas. Entretanto, depois quatro anos e meio de avaliações, a prefeitura de Porto Alegre desistiu da intenção de construir o estacionamento, pois a obra foi considerada muito cara devido a problemas de desnível com a Avenida Osvaldo Aranha e a Rua

**Figura 73** - Largo Glênio Peres junto ao Mercado Público Municipal - Porto Alegre



Fonte: Hansen (2013)

**Figura 74** - Modelo de estação da linha de metrô em Porto Alegre



Fonte: Farina (2015)

**Figura 75** - Modelo de estação de metrô no Centro de Porto Alegre



Fonte: Farina (2015)

José Bonifácio<sup>9</sup>, além da existência de um lençol freático superficial na área (FARINA, 2015).

Na figura 73, uma foto do centro de Porto Alegre, com o Largo Glênio Peres, entre o Mercado Público Municipal e a Praça XV, local frequente de encontro da população para celebrações e protestos, e onde ocorreu o segundo estudo para um estacionamento subterrâneo. O projeto da construção desse estacionamento subterrâneo está mantido, no entanto, ainda não há prazo para lançamento da licitação. O centro histórico tem uma série de limitações, como áreas tombadas e pontos arqueológicos, e, para que seja viável economicamente, o projeto deve ter entre 300 e 400 vagas de estacionamento (FARINA, 2015).

Outro projeto que esteve em discussão foi a construção da linha de metrô em Porto Alegre, a maior obra de infraestrutura e mobilidade urbana para o estado do Rio Grande do Sul. Baseada em um modelo de integração com os sistemas de BRTs (Bus Rapid Transit) e com o Trem Metropolitano (Trensurb), seria uma ação estruturante não apenas para a capital mas para toda região metropolitana. Com extensão de 14,88 km, a fase 1 de implantação do metrô teria 13 estações, distribuídas entre as proximidades da Esquina Democrática e do Centro de Eventos da Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERGS), na zona norte (PREFEITURA DE PORTO ALEGRE, 2016).

As figuras 74 e 75 mostram estudos para as estações subterrâneas apresentados na época.

A tecnologia empregada seria o sistema de metrô leve com alimentação elétrica. Estima-se que o sistema atenderia 300 mil passageiros por dia útil, através de 25 composições de quatro carros, com intervalos de 180, 120 e até mesmo 90 segundos entre um embarque e outro. O valor total do empreendimento foi estimado em R\$ 2,4 bilhões (PREFEITURA DE PORTO ALEGRE, 2016).

<sup>9</sup> Vias que fazem limite com o Parque Ramiro Souto

Figura 76 - Trajeto do metrô de Porto Alegre



Fonte: Prefeitura de Porto Alegre (2016)

Na Figura 76, é apresentado o trajeto da fase 1 do metrô, que ligaria o centro à zona norte da cidade. Em 2015, a prefeitura contratou a empresa pública *Metros Ligeros de Madrid S.A.*<sup>10</sup> para prestar consultoria. A obra seria executada em uma parceria público-privada entre governos federal, municipal e empresa privada (FARINA, 2015). Por falta de verbas, a execução do projeto ainda não ocorreu. No entanto, a utilização do espaço subterrâneo é um assunto que surge com frequência nas discussões sobre melhorias urbanas em Porto Alegre.

<sup>10</sup> Empresa responsável pela operação da linha um do sistema metroviário da capital espanhola.

# 3 A ILUMINAÇÃO E OS ESPAÇOS SUBTERRÂNEOS

O presente capítulo discorre sobre a influência da iluminação em aspectos como saúde, conforto e percepção dos ambientes, principalmente nas situações em que há permanência humana durante longos períodos diários.

## 3.1 A importância da luz

Desde o início dos tempos, a luz do sol tem aquecido as habitações humanas e se mantido como um fator primário no projeto de moradia. Para muitas civilizações, incorporar a luz do sol no *design* das estruturas foi um elemento fundamental nas construções (BOUBEKRI, 2014). Os registros de Vitruvius já levavam em conta a iluminação natural como fator importante para o projeto:

[...] Haverá também decoro natural usando uma luz leste de quartos e bibliotecas, uma luz ocidental no inverno para banhos e apartamentos de inverno, e uma luz do norte para galerias de imagem e outros lugares em que uma luz constante é necessária. Para esse trimestre do céu cresce

nem luz nem escuro com o curso do sol, mas permanece estável todo o dia<sup>11</sup> [...] (Vitruvius, 2002, p.13-16. Tradução da autora).

O modo de iluminar é capaz de estimular ou acalmar as pessoas, deixar um ambiente confortável ou desconfortável, criar hierarquias de visualização, tornar objetos e lugares visíveis ou obscuros, provocando respostas emocionais nos seres humanos. A utilização de artifícios como contrastes de luz e sombra, e de claro e escuro, também evidencia a questão sensorial nos usuários, causando impressões e reações emocionais nas pessoas (POYASTRO, 2016; TILLER, 1990).

Ylinen (1989) afirma que a luz, usada em conjunto com a cor, é o mais importante meio de garantir um ambiente subterrâneo agradável. Com o trabalho conjunto entre projeto arquitetônico e de iluminação, é possível criar um ambiente de maior qualidade, como em locais de transição entre subsolo e superfície, onde a iluminação diminui o desconforto visual. Os materiais reflexivos podem auxiliar a espalhá-la no ambiente, entretanto, tais materiais devem ser usados com cautela para que não haja problemas de ofuscamento ou desconforto visual (YLINEN, 1989).

A falta da luz natural ou de janelas resulta em ausência de pistas sobre o mundo natural e é uma forma de privação sensorial, que consiste na redução ou ausência de estímulos externos, gerando desconfortos psicológicos como pânico, confusão mental e depressão, entre outros. A privação sensorial é extremamente prejudicial para os seres humanos, sendo que, em ambientes subterrâneos, ela torna-se acentuada devido à falta de contato com o exterior. Nesses locais, a iluminação torna-se uma característica de fundamental importância para gerar os estímulos necessários (KIM e KIM, 2010).

<sup>11</sup> There will also be natural propriety in using an eastern light for bedrooms and libraries, a western light in winter for baths and winter apartments, and a northern light for picture galleries and other places in which a steady light is needed; for that quarter of the sky grows neither light nor dark whit the course of the sun, but remains steady and unshifting all day long (VITRUVIUS, 2002).

Em espaços subterrâneos, pequenas quantidades de luz do dia (iluminância entre 50 e 300 lux) podem garantir significativa sensação de agradabilidade e de conforto para pessoas que necessitam permanecer no ambiente por longas jornadas (BOUCHET e FONTOYNONT, 1996). A luz do dia e as visuais para o exterior nos conectam com o ambiente externo e nos fornecem informações sobre o clima e a hora do dia. Referências a janelas e a elementos de áreas externas são bem-vindas, uma vez que a falta de aberturas para o exterior cria uma atmosfera suscetível a distúrbios e desorientação (YLINEN, 1989).

Além dos fatores de percepção do ambiente e bem-estar, descobertas sobre iluminação e sua influência na saúde mudaram a maneira de viver e de trabalhar no ambiente construído (HOBDAI, 2007). Elas confirmam que a iluminação tem um profundo efeito tanto no nosso sistema imunológico quanto na manutenção do ritmo circadiano<sup>12</sup> e da estabilidade emocional. Iluminar somente para a visão não é mais suficiente, e arquitetos, médicos e psicólogos precisam trabalhar juntos (ZONNEVELDT e ARIES, 2002).

Uma série de processos fisiológicos e comportamentais ocorre em praticamente todas as plantas e animais. No caso dos seres humanos, esses processos são sustentados pelo sistema circadiano - o “relógio biológico” que direciona nosso organismo com base em fatores como variação entre luz e escuro. Ele regula o funcionamento do organismo e é responsável pela adaptação do ser humano aos estímulos do meio em que vive. A abordagem convencional de iluminar edifícios está absolutamente obsoleta, levando a sérios problemas de saúde física e mental, entre eles maior incidência de câncer e transtornos psicológicos como depressão, por exemplo (FARLEY e VEITCH, 2001; FIGUEIRO, 2006; GEERDINCK e SCHLANGEN, 2006; HARDER, 2006; HOBDAI, 2007).

<sup>12</sup> É o ciclo de aproximadamente 24 horas sobre o qual se baseia o ciclo biológico dos seres humanos. É influenciado principalmente pela luz.

O contato com a luz natural mais intensa durante o dia, provocando a produção do hormônio cortisol, é importante para o bom funcionamento do ritmo circadiano nos seres humanos. À noite, é ideal estar em um ambiente escuro para a produção de melatonina, hormônio que estimula o repouso. Alterar esse ritmo, expondo-se à pouca luz durante o dia e muita luz durante a noite, é prejudicial à saúde. Deve-se ter cuidado para que, em ambientes de trabalho, haja grande quantidade de luz, mas é preciso evitar o ofuscamento, a fim de garantir também o conforto visual (MARTAU, 2009).

Um estudo (KULLER, 1996) comparou trabalhadores em um ambiente subterrâneo com trabalhadores em um ambiente de superfície com janelas, com foco sobre o impacto da redução de variações diurnas e sazonais. Os espaços enterrados foram percebidos pelos trabalhadores como mais enclausurados, e a iluminação foi considerada menos brilhante e mais desagradável, causando fadiga visual. O nível de cortisol<sup>13</sup> matinal dos trabalhadores da superfície exibiu uma variação anual substancial, enquanto a variação do nível de cortisol matinal dos trabalhadores do subterrâneo foi bem menos pronunciada, indicando uma possível perda de ritmo. O nível do cortisol destes, no final da tarde, também foi mais baixo (BOUBEKRI, 2014).

O estudo de Martau (2009) identificou os danos ocasionados ao sistema circadiano de funcionários de *shopping centers*, locais que se caracterizam por não terem contato visual com o exterior. Além da quantidade, a luz tem outras propriedades que influenciam a saúde humana, como o espectro (componente azul maior ou menor), a temperatura de cor correlata (mais alta ou mais baixa), a sua geometria (distribuição dirigida ou geral), a sua direcionalidade (de cima para baixo ou de baixo para cima), a duração da exposição (curta ou longa) e a sua variabilidade (estática ou dinâmica). Em lugares dotados somente de iluminação elétrica e sem contato visual com o exterior, é

<sup>13</sup> Cortisol é um hormônio que faz parte do eixo adrenal e é controlado pelo relógio biológico do corpo. Sua concentração é influenciada pela luz. A secreção do cortisol é uma resposta ao stress.



necessário o controle da variação da luz quanto a sua intensidade, espectro ou aparência de cor.

De acordo com Martau (2009), "a exposição à luz pode ter tanto impactos positivos como negativos na saúde humana, que podem ficar evidentes logo após a exposição ou apenas depois de muitos anos".

A qualidade da luz recebida de fonte artificial e natural é diferente. A luz natural com grande concentração de azul produz no organismo, através do sistema nervoso central, substâncias que equilibram o corpo, como o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) e esteróides, e, através da pele, a vitamina D. A luz artificial não possui a característica de produzir através da pele as substâncias que neutralizam os hormônios estressores, que se acumulam e podem causar efeitos nocivos à saúde (MARTAU, 2009).

Hobday (2007), Boubekri (2014), Baker e Steemers (2002) destacam que a luz tem um profundo efeito nos sistemas imunes e na estabilidade emocional, e os níveis necessários à visão não são suficientes para promover bem-estar. Sabe-se que o acesso à luz natural é muito apreciado pelos usuários e causa melhoras significativas na produtividade. Existem efeitos psicológicos positivos associando saúde e bem-estar à exposição à luz diurna. A produção de serotonina<sup>14</sup> pelo cérebro é diretamente ligada à duração da iluminação solar. Em 2005, um estudo publicado no *Jornal Americano de Psiquiatria* concluiu que a terapia de luz é tratamento eficaz para doenças como a depressão (HOBDAY, 2007; BOUBEKRI, 2014).

A luz do dia também é crucial para a produção de vitamina D pelo corpo, e a falta da mesma contribui para o desenvolvimento de diversas doenças, como raquitismo, osteoporose, depressão e vários tipos de câncer (BOUBEKRI, 2014). O estilo de vida atual do ser humano proporciona a baixa exposição à luz do sol e alta exposição à iluminação artificial à noite, o que desregula o ritmo circadiano, desencadeando outras doenças.

<sup>14</sup> Um neurotransmissor que atua no cérebro regulando o humor, sono, apetite, ritmo cardíaco, temperatura corporal e a sensibilidade à dor.

Martau (2009) afirma que as lâmpadas mais eficientes na ativação do sistema circadiano são as que apresentam maior quantidade de cor azul no seu espectro. A exposição contínua das pessoas a essas lâmpadas, no período da noite, pode causar sérios danos à saúde.

Essas questões acerca da iluminação e saúde influenciam pessoas que permanecem longos períodos nos ambientes, e não interferem em situações de curtos períodos. Em subsolos, a luz pode ser fundamental para a manutenção da saúde em locais de permanência prolongada. Para evitar um viés importante na pesquisa, o estudo de campo será realizado em locais de passagem, onde esse fator não tem interferência na percepção do espaço.

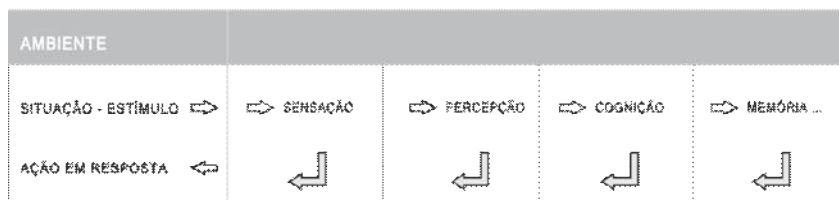
### **3.2 Relações entre iluminação e percepção**

O comportamento das pessoas nos ambientes não depende apenas dos aspectos construtivos, mas também de diversos elementos subjetivos. Quando vivemos muitos anos no mesmo local, nos sentimos familiarizados e confortáveis naquele ambiente e nossa percepção passa a ocorrer de dentro para fora (top-down). Por isso que um ambiente novo exige do usuário maior atenção aos seus detalhes, em um processo perceptual conhecido como de fora para dentro (bottom-up), situação em que os elementos sensoriais assumem grande importância (PINHEIRO, 2007).

Desse modo, nossa interação com o ambiente pode ocorrer a nível sensorial ou envolver elementos aprendidos e codificados em nossa memória como associados a estímulos sensoriais. Esses processos compõem o circuito psicológico da experiência ambiental, que depende das nossas características biológicas básicas mas também da representação mental, permitindo-nos diversas formas de conhecer e assimilar os ambientes (VILLA e ORNSTEIN, 2013).

O quadro 3 ilustra o circuito psicológico da experiência ambiental no qual o ambiente é a situação estimulante que resulta em uma ação de resposta através processos psicológicos, como a sensação<sup>15</sup>, percepção<sup>16</sup>, cognição<sup>17</sup> e memória<sup>18</sup>. Nem sempre é nítida a separação entre esses níveis de processamento. Podemos ter a intensa participação dos processos sensoriais na experiência ambiental.

**Quadro 3** - Circuito psicológico da experiência ambiental - esquema geral



Fonte: Villa e Ornstein (2013)

A percepção do ambiente é um campo bastante subjetivo e fortemente influenciado pelo meio. Estudos (KUIJSTERS, *et. al*, 2015; VEITCH *et al.*, 2008; Kuller *et al.*, 2006) comprovam que o modo de iluminar afeta o humor e o estado emocional dos seres humanos.

No estudo de Kuijsters *et al.* (2015), conseguiu-se mudar o humor de idosos expondo-os a certos padrões de iluminação. As tecnologias atuais de iluminação permitem criar uma atmosfera que tenha significado afetivo capaz de mudar o humor de seus usuários. Esse demonstrou ser um método eficiente e confiável

<sup>15</sup> "Impressão produzida pelos objetos exteriores num órgão dos sentidos, transmitida ao cérebro pelos nervos, onde se converte em ideia, julgamento ou percepção" (FERREIRA, 2012).

<sup>16</sup> "Receber impressão por alguns dos sentidos; conhecer, entender, compreender" (FERREIRA, 2012).

<sup>17</sup> "Função da inteligência de adquirir um conhecimento" (FERREIRA, 2012).

<sup>18</sup> A memória é a faculdade de conservar e lembrar estados de consciência passados (FERREIRA, 2012).

para encontrar as condições de iluminação que efetivamente induzam à mudança de humor (KUIJSTERS *et al.*, 2015). Através da pesquisa de inteligência ambiental<sup>19</sup>, esses recintos podem ser imediatamente adaptados às necessidades do ocupante e para melhorar seu humor. Os resultados de uma pesquisa com idosos realocados para centros de cuidados foram demonstrados no estudo de Kuijsters *et al.* (2015), em que a iluminação influenciava de modo positivo o humor dos usuários. Quando expostos a um curto filme que estimulava a ansiedade, os idosos do ambiente acolhedor ficaram mais calmos do que aqueles submetidos ao mesmo filme no ambiente neutro, resultado refletido tanto nos relatos quanto nas medidas fisiológicas (KUIJSTERS *et al.*, 2015).

No momento em que for possível compreender qual tipo de iluminação provoca o comportamento desejado, poderemos reproduzir as condições de iluminação para obter esse comportamento (VEITCH, 2001).

O arquiteto Peter Zumthor<sup>20</sup> trabalha com a atmosfera do espaço, um conceito que percebemos através da nossa sensibilidade emocional, uma forma de percepção que acontece muito rápido. A atmosfera, segundo Zumthor, é concebida através de dez pontos principais: da forma da arquitetura, da combinação dos materiais, do som do espaço, da temperatura do espaço, dos objetos ao redor, da composição e sedução, da tensão criada entre interior e exterior, dos níveis de intimidade, da luz sobre as coisas, da arquitetura como entorno, da coerência e da forma bela. A iluminação é ressaltada como um fator importante de projeto para garantir diferentes percepções e sensações (ZUMTHOR, 2006).

As gradações de luz e sombra sobre os materiais revelam-se fundamentais para compor a atmosfera nos edifícios. Zumthor é contra a iluminação uniforme e a favor da luz natural, que

<sup>19</sup> É um tipo de pesquisa voltado a projetar sistemas que são incorporados nos nossos ambientes do cotidiano que ajudam a melhorar a nossa qualidade de vida (KUIJSTERS *et al.*, 2015).

<sup>20</sup> Arquiteto suíço conhecido pela sensibilidade material e sua grande atenção ao lugar. Um dos mais respeitads arquitetos do século XX, vencedor do prêmio Pritzker em 2009 (DELAQUA, 2017).

classifica como "fantástica", capaz de revelar objetos e se mover durante o dia, criando diferentes atmosferas. Para ele, a iluminação natural "é mil vezes melhor que a iluminação elétrica" (ZUMTHOR, 2006).

Aliar à iluminação diferentes cores e materiais introduz uma variedade nas atmosferas e proporciona dinamismo ao espaço, em especial nos ambientes subterrâneos, que muitas vezes não apresentam a variação e o dinamismo fornecidos pela luz do dia. Ao mesmo tempo, o uso de alguns materiais pode reduzir a sensação de enclausuramento no subsolo, refletindo e difundindo a luz nas mais diversas direções, garantindo, assim, maior eficiência e satisfação dos usuários. A luz não só habilita a percepção visual do ambiente como também contribui para essa percepção, na maior parte do tempo de forma inconsciente (DURMISEVIC, 1999; LASAUSKAITE SCHÜPBACH, REISINGER, SCHRADER, 2015).

A luz, tanto natural quanto elétrica, tem grande impacto sobre a percepção de um ambiente. É possível deixá-lo acolhedor, relaxante ou excitante modificando sua intensidade, espectro e distribuição (STOKKERMANS *et al.*, 2015). A luz do sol transforma um ambiente ao longo do dia e causa forte impacto na percepção do local. Por outro lado, o sistema visual humano está acostumado a se adaptar a esses efeitos de luz, podendo suprimir esse impacto da luz natural na percepção (STOKKERMANS *et al.*, 2015).

A percepção dos espaços ocorre, principalmente, através da reflexão da luz nas superfícies, mais do que da luz direta das fontes (BAKER e STEEMERS, 2002). Isso significa que as propriedades das superfícies, como textura, refletância e cor, afetam a luz que incide sobre elas e vice-versa.

Portando, a iluminação modifica a maneira de perceber e sentir o ambiente, e é uma forma de trazer qualidade ao espaço.

### 3.3 A iluminação como fator de qualidade do espaço

A qualidade do ambiente construído envolve características espaciais que afetam a percepção e o comportamento de seus usuários. Fatores como ventilação, temperatura, iluminação, forma e volume devem ser trabalhados de maneira a propiciar ambientes adequados que promovam uma qualidade de vida desejável.

O conforto visual deve ser a busca da iluminação adequada, não prejudicial à saúde visual do homem, em atividades profissionais, de descanso ou de lazer. Sendo assim, o grau de satisfação visual é resultante de um ambiente bem iluminado, caracterizado por iluminância suficiente e bem distribuída, ausência de ofuscamento, contrastes adequados e bom padrão de distribuição das sombras (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Na década de 90 do século XX, aconteceram diversos eventos internacionais voltados a esse assunto, principalmente após a crise energética da década de 70 do mesmo século, quando o fator economia tornou-se obrigatório (VEITCH et al., 1999).

Boyce (2003) sugeriu que o desempenho humano pode sofrer interferência da iluminação de três formas: pelo sistema visual, pelo sistema circadiano e pelo sistema perceptivo, sendo este último o foco do trabalho em questão. Já Veitch (2001) realiza, em seu artigo "*Psychological processes influencing lighting quality*", uma revisão que compila publicações importantes sobre a relação entre iluminação e comportamento. Descreve a qualidade da iluminação como um termo utilizado para abranger todos os fatores em uma instalação de iluminação, não somente os ligados diretamente à quantidade de luz. A iluminação de qualidade deve suprir todas as necessidades individuais, considerando idade e sensibilidade do usuário, mas também deve ponderar os aspectos econômicos (VEITCH, 2001).

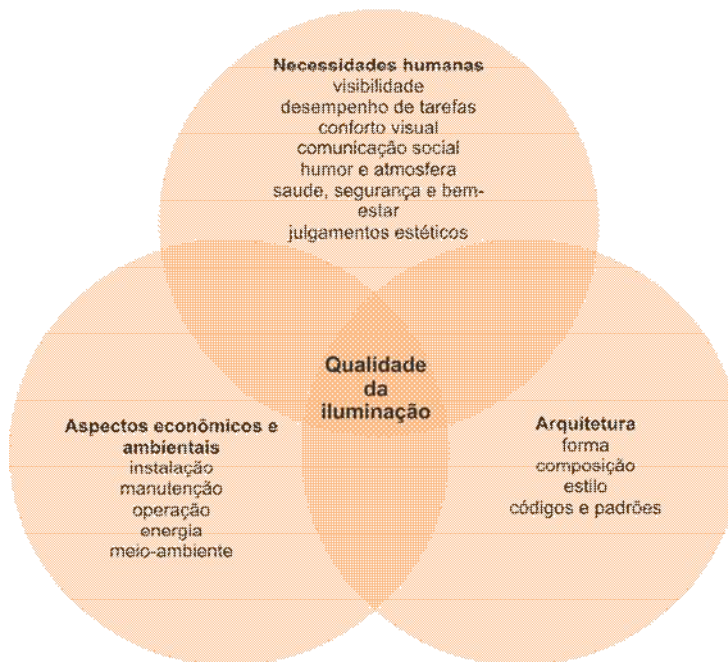
A mesma ênfase à qualidade na iluminação é dada por Ylinen (1989). Ele afirma que, para alcançar um ambiente agradável, seguro e ordenado em um prédio subterrâneo, é necessário um planejamento cuidadoso, com atenção especial à iluminação do local. Faz parte de um projeto confortável proporcionar orientação

no interior do ambiente, definir adequados acabamentos de pisos e paredes e fornecer soluções criativas de iluminação (YLINEN, 1989).

As publicações da IESNA (*Illuminating Engineering Society of North America*) foram pioneiras em estabelecer e formalizar regras sobre qualidade da iluminação presentes no *IESNA Lighting Design Guide* (2001), em que a qualidade da iluminação era relacionada a aspectos econômicos e ambientais, à arquitetura e às necessidades humanas (figura 77).

**Figura 77** - Modelo de qualidade de iluminação da IESNA

**Integração das necessidades humanas, arquitetura e aspectos econômicos e ambientais**



Fonte: Adaptado de Rea (2000)

O sistema visual humano pode adaptar-se a uma faixa extensa de luminosidade, desde a luz do sol até a luz das estrelas. Essa

adaptação faz com que a luz seja percebida de forma relativa, e não como um sensor fotométrico (STOLFI, 2008). Por isso, quando um usuário entra em um espaço de permanência, a adaptação do sistema visual ocorre associada à luminância das superfícies e às condições de iluminação do espaço anteriormente visitado, ou seja, a percepção da iluminação ocorre por comparação ao ambiente anteriormente visitado (LYNES, LITTLEFAIR e SLATER, 1997).

Em um país como o Brasil, que tem elevada radiação solar devido a sua latitude, em grande parte compreendida entre a linha do Equador e o Trópico de Capricórnio, é importante que haja um espaço intermediário entre superfície e subterrâneo para que o olho humano se adapte às condições de iluminação em locais mais profundos, onde exista ou não iluminação natural menos abundante.

O mesmo acontece na chegada de ambientes mais profundos, onde o olho está adaptado a iluminâncias mais baixas e sofre mudança brusca quando o usuário vem à superfície. Os espaços de transição garantem conforto e evitam o ofuscamento. Considerar estratégias mistas, aproveitando o máximo da luz do sol e, ao mesmo tempo, adotando opções mais eficientes de iluminação elétrica, qualifica o ambiente, tornando-o agradável e econômico (DURMISEVIC, 1999). As fontes de luz de LED e a possibilidade de integrar sensores eletrônicos criaram uma riqueza de opções para gerar luz variando muitas de suas propriedades (LEGATES, FERNANDEZ e HATTAR, 2014).

A criação de ambientes de transição utilizando fontes de iluminação natural, materiais refletores e difusores de luz tem se mostrado uma estratégia de sucesso para a qualidade da iluminação de espaços urbanos subterrâneos, como podemos ver nos ambientes anteriormente citados (no capítulo dois). O emprego de materiais reflexivos é válido para projetos de ambientes subterrâneos, porém é preciso cuidado para evitar ofuscamento e desconforto visual.

Kuller *et al.* (2006) estudaram os efeitos que a iluminação interna e externa causava às pessoas em seus ambientes de trabalho.



Tais efeitos foram medidos em diversas estações do ano, em diferentes países e latitudes. Foi encontrada uma forte relação entre o humor e a avaliação da luz. Onde a luz era considerada boa, o humor era bom, e onde a iluminação era considerada insuficiente ou excessiva, os níveis de humor eram mais baixos.

Um estudo semelhante, realizado por Veitch *et al.* (2008), chegou a resultados similares aos de Kuller e seus colegas - onde a iluminação era considerada de boa qualidade, as pessoas indicavam bom humor.

Sabe-se, entretanto, que o humor não é afetado somente pela iluminação, mas também por fatores ambientais (temperatura) e internos, como o estado emocional e as preferências pessoais. A percepção surge, então, como mediadora da influência psicológica da iluminação no humor. Ela é a avaliação afetiva do ambiente (KUIJSTERS, et. al, 2015).

A sensação de segurança proporcionada por um ambiente fortemente iluminado também é psicológica. De acordo com a *International Dark-Sky Association*, não há evidências científicas claras de que o aumento da iluminação impeça o crime. Um estudo realizado na cidade de Chicago encontrou uma correlação entre o aumento do crime e as ruas iluminadas. Outro estudo, preparado pelo Instituto Nacional de Justiça dos EUA, concluiu que não podemos confiar que a boa iluminação vá impedir o crime (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2017).

Além disso, o brilho gerado pela forte iluminação pode causar ofuscamento, fornecer área de sombra onde os criminosos podem se esconder e favorecer o vandalismo, afinal, pichações prosperam com a luz. A luz mais brilhante também facilita a visibilidade das vítimas, tornando-as mais vulneráveis (INTERNATIONAL DARK-SKY ASSOCIATION, 2017).

Em síntese, podemos afirmar que a qualidade da iluminação em geral e em espaços subterrâneos vai depender:

- De aspectos que supram necessidades humanas, aspectos da arquitetura e aspectos econômicos (REA, 2000);

- De aspectos que supram necessidades individuais, considerando idade e sensibilidade dos usuários, além de aspectos econômicos (VEITCH, 2001);
- De aspectos que supram o sistema visual, circadiano e perceptivo (BOYCE, 2003);
- Da presença de iluminação natural (YLINEN, 1989; BOUCHET e FONTOYNONT, 1996; FARLEY e VEITCH, 2001; ZONNEVELDT e ARIES 2002; FIGUEIRO, 2006; GEERDINCK e SCHLANGEN, 2006; HARDER, 2006; ZUMTHOR, 2006; HOBDAI, 2007; BOUBEKRI, 2014; LASAUSKAITE SCHÜPBACH, REISINGER, SCHRADER, 2015; STOKKERMANS et al., 2015);
- Da iluminância suficiente e bem distribuída, ausência de ofuscamento, dos contrastes adequados e do bom padrão de distribuição das sombras (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014);
- Da criação de espaços de transição entre o subterrâneo e superfície, de modo a amenizar o contraste de iluminâncias, trazendo mais conforto e evitando o ofuscamento (YLINEN, 1989; LYNES, LITTLEFAIR E SLATER, 1997; DURMISEVIC, 1999);
- Da iluminação elétrica aliada a diferentes cores e materiais para introduzir dinamismo normalmente fornecido pela luz do dia, e utilizar materiais reflexivos para espalhar a luz, tomando cuidado com o ofuscamento (DURMISEVIC, 1999; LASAUSKAITE SCHÜPBACH, REISINGER, SCHRADER, 2015);

Após os aspectos abordados, é possível constatar que a iluminação influencia, de diversas formas, a reação humana nos ambientes. Em ambientes subterrâneos, existem maneiras diversas de criar aberturas e situações que conduzam a iluminação natural para o interior dos espaços. No capítulo 4, serão apresentados esses componentes do sistema de iluminação natural.

## 4 FORMAS DE ILUMINAR NATURALMENTE SUBTERRÂNEOS

Como vimos, a luz natural traz mais significado e riqueza à arquitetura, e as pessoas necessitam dela por razões psicológicas e fisiológicas. Diversas estratégias de iluminação natural mudam a aparência do edifício, tanto em seu exterior como a atmosfera do espaço interno (LECHNER, 2014). Além disso, a questão econômica é relevante, uma vez que a iluminação é responsável por mais de 30% do consumo elétrico em edifícios comerciais e corporativos. O crescimento do uso da iluminação natural nos edifícios pode resultar em grande economia, além de deixar o ambiente muito mais agradável (OAKLEY et al., 2000).

As melhores soluções são encontradas através de um estudo da forma da edificação, da organização dos espaços internos e da correta inserção do edifício no seu entorno. Há três tipos de componentes para utilização de iluminação natural: de passagem, de condução e os elementos de controle. Desses, dois são aplicáveis a edifícios subterrâneos profundos: os de condução e os de passagem.

Os componentes de condução seriam os espaços de luz internos, como o átrio, o duto de luz e o duto de sol. Já os componentes de passagem seriam as aberturas zenitais, como claraboia, lanternim, shed, domo e teto translúcido.

O quadro 4 organiza os componentes para utilização de luz natural em três grandes grupos, segundo Baker, Fanchiotti, Steemers (1993) e Lamberts, Dutra e Pereira (2014):

**Quadro 4** - Classificação dos componentes para iluminação natural segundo Baker, Fanchiotti, Steemers (1993) e Lamberts, Dutra e Pereira (2014)

<b>Componentes para utilização da luz natural</b>		
Componentes de passagem	Componentes de condução	Elementos de controle
<u>Laterais</u>	<u>Espaços de luz intermediários</u>	<u>Superfícies de separação</u>
Janela	Galeria	Divisória Convencional
Sacada	Pórtico	Divisória Ótica
Parede Translúcida	Estufa	Divisória Prismática
Cortina de Vidro		Divisória Ativa
<u>Zenitais</u>	<u>Espaços de luz internos</u>	<u>Proteções flexíveis</u>
Claraboia	Pátio interno	Toldo
Lanternim	Átrio	Cortina
"Shed"	Duto de luz	
Domo		<u>Proteções Rígidas</u>
Teto translúcido		Beiral
		Prateleira de luz
<u>Globais</u>		Peitoril
Membrana		Aleta vertical
		<u>Filtros Solares</u>
		Persiana (interna ou externa)
		Lamela (fixa ou móvel)

Fonte: Adaptado de Baker, Fanchiotti, Steemers (1993) e Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

**Figura 78** - Abertura zenital no projeto para estação de metrô Whitechapel Crossrail Station - Londres



Fonte: Building Design Partnership BDP (2015)

**Figura 79** - Projeto de estação de metrô para Paris com grande abertura zenital pelo arquiteto Kengo Kuma



Fonte: Rosenfield (2015)

Um fator importante a ser considerado ao utilizar os componentes do quadro 4 é a sua integração com as necessidades térmicas e acústicas do edifício, uma vez que, junto com a luz, são transmitidos também o calor e o som para o interior.

A seguir, estão explanados apenas os componentes para utilização de luz natural aplicáveis a ambientes subterrâneos.

## 4.1 Componentes de passagem

São aberturas laterais e zenitais que permitem que a luz atravesse para o interior do edifício. Os componentes de passagem zenitais podem ser utilizados para ambientes subterrâneos.

### 4.1.1 Zenitais

São projetados para captar a luz diretamente do topo dos edifícios (figura 78 e 79) e normalmente utilizados quando não é possível iluminar com as janelas convencionais.

“Conceituada, segundo a norma NBR 15215-1 (ABNT 2005b), como a porção de luz natural produzida pela luz que entra através dos fechamentos superiores dos espaços internos” (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, pg 158).

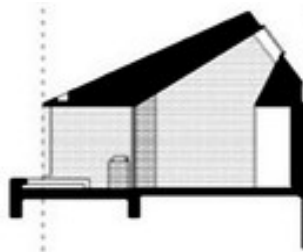
Variam dos modelos mais simples aos mais sofisticados, pois podem ser compostos por sistemas que coletam e acompanham o movimento solar. Não são afetados pela orientação solar do edifício, mas sim pelos horários do dia, sendo que ao meio-dia a insolação é maior que em qualquer outro horário. A iluminação por aberturas zenitais sofre interferência das estações do ano, uma vez que, no verão, o ângulo do sol é maior que no inverno. Esse sistema é uma estratégia efetiva para compensar problemas como distribuição não uniforme da luz e ofuscamento, fatores que criam uma atmosfera desagradável, semelhante a uma caverna (BOUBEKRI, 2014).

**Figura 80** - Claraboia



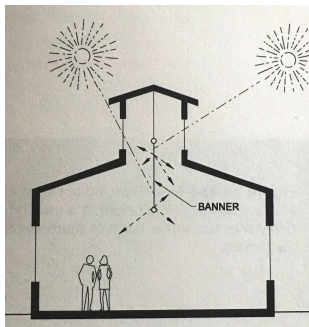
Fonte: Archdaily (2013)

**Figura 81** - Corte Claraboia



Fonte: Archdaily (2013)

**Figura 82** - Esquema gráfico da entrada da luz no lanternim



Fonte: Lechner (2014)

As aberturas zenitais trazem iluminação em abundância, por isso é preciso cuidado com a insolação direta. Essas aberturas permitem o contato visual com o exterior (LECHNER, 2014).

Com a iluminação vinda direto do topo há problemas causados por ofuscamento e reflexões indesejadas. A solução é instalar algum sistema que permita que a luz entre de forma difusa. Pode-se utilizar um material ou algum dispositivo de controle solar fixo ou móvel. O sistema móvel oferece grande flexibilidade para as variações diárias e sazonais (GOULDING, LEWIS e STEEMERS, 1992).

Esse tipo de componente de passagem assume a forma de mansarda, claraboia, shed, domo e teto translúcido (BAKER, FANCHIOTTI, STEEMERS, 1993; LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 2014).

#### 4.1.1.1 Claraboia

É uma abertura no teto (figuras 80 e 81) que permite a melhor distribuição do sol ao longo do ano e pode ser orientada para aproveitar mais a luz no inverno e evitar a luz no verão. Devem ser evitadas orientações leste e oeste. As melhores orientações são a norte e a sul. A iluminação gerada pela claraboia também pode acontecer de forma indireta, virando-a para uma superfície a fim de que a luz reflita e entre de forma difusa (LAMBERTS, DUTRA E OLIVEIRA, 2014).

A iluminação proveniente de uma claraboia é aproximadamente três vezes maior que a de uma janela convencional, e a luz é distribuída de forma mais equilibrada e uniforme no ambiente (BOUBEKRI, 2014).

#### 4.1.1.2 Lanternim

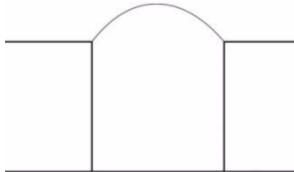
É uma abertura vertical que acontece no próprio telhado em mais de uma direção (figura 82). Consiste em uma abertura formada pela suspensão da parte central do telhado, que traz a luz para

**Figura 83** - Abertura zenital tipo shed



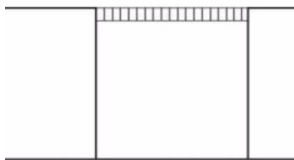
Fonte: Edilportale (1993)

**Figura 84** - Abertura zenital tipo domo



Fonte: Baker, Fanchiotti e Steemers (1993)

**Figura 85** - Abertura zenital tipo teto translúcido



Fonte: Baker, Fanchiotti e Steemers (1993)

dentro de forma indireta, e pode também ser utilizado para a ventilação do edifício (LECHNER, 2014).

#### 4.1.1.3 Shed

Caracteriza-se por telhados em forma de dentes de serra (faces de pouca inclinação alternadas com outras quase verticais). Essas últimas são envidraçadas, como pode-se ver na figura 83. É uma solução indicada para climas quentes, pois permite o controle da luz e da carga térmica se voltada para a orientação correta. O auxílio de lamelas junto à superfície envidraçada pode difundir a luz.

#### 4.1.1.4 Domo

São fontes de luz natural a partir de aberturas envidraçadas no telhado em forma abobadada, conforme ilustrado na figura 84. A possibilidade de utilizar o acrílico o torna resistente e leve, além de facilitar a manutenção, fazendo com que a sujeira não fique acumulada sobre a superfície curva.

#### 4.1.1.5 Teto translúcido

Fechamento horizontal, parcialmente constituído de materiais translúcidos, que separa ambientes externos e internos ou dois ambientes internos superpostos, permitindo a entrada zenital de luz natural, conforme ilustrado na figura 85.

## 4.2 Componentes de condução

São elementos que conduzem e distribuem a luz natural para o interior do edifício. Galerias, pórticos, estufas, pátios, átrios e dutos de luz são alguns exemplos (BAKER, FANCHIOTTI, STEEMERS, 1993).

### 4.2.1 Espaços de luz internos

São caracterizados por pátios, átrios e dutos de luz, sendo os dois últimos amplamente aplicáveis para conduzir a luz natural a ambientes subterrâneos profundos.

#### 4.2.1.1 Átrio

Essa forma de iluminar, quando incorporada a um edifício, permite que a área do núcleo seja iluminada.

“Pode ser conceituado como o espaço luminoso interno envolvido lateralmente pelas paredes da edificação e coberto com materiais transparentes ou translúcidos que admitem luz a ambientes internos da edificação ligados ao átrio por componentes de passagem” (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 2014, p.155)

É frequentemente utilizado em edifícios comerciais ou corporativos de médio e grande porte e em *shopping centers* nos quais o núcleo fica distante das extremidades. Além de fornecer luz natural a toda a face adjacente ao átrio, pode também proporcionar uma vista agradável e melhorar a ventilação do edifício, além de garantir um efeito escultórico no local (BOUBEKRI, 2014).

As proporções do átrio irão influenciar diretamente a luz que penetra nele. Quanto mais amplo e raso, mais luz irá incidir no pavimento mais profundo. Quanto mais alto for o edifício, mais a luz natural irá depender de dispositivos de reflexão para ser conduzida ao longo dos pavimentos (GOULDING, LEWIS e STEEMERS, 1992).



**Figura 86** - Grande Átrio Eaton Centre Toronto



Fonte: Cadillac Fairview (2016)

A luz que penetra no átrio também depende da forma da cobertura, do material utilizado e dos dispositivos de controle de luz solar. Usa-se, normalmente, vidro transparente ou translúcido. Há duas maneiras principais de filtrar a luz que entra: através de materiais que interceptam a luz direta do sol, criando um brilho difuso, ou através de materiais que redirecionam a luz, como refletores, espelhos ou estruturas prismáticas (GOULDING, LEWIS e STEEMERS, 1992).

A característica que possibilita um local aprazível e convidativo no Eaton Centre, em Toronto (Figura 86), é o grande átrio central, que garante iluminação natural para os diversos níveis do edifício, tornando o acesso ao subterrâneo mais sutil.

#### **4.2.1.2 Duto de luz**

As modernas tecnologias de condução da luz natural, denominadas tubos de luz (*light pipes*), tornam realidade o transporte da luz. Esses sistemas de tubos conduzem a luz natural às zonas interiores da edificação, que podem ser de pequenas seções, tanto horizontalmente como verticalmente.

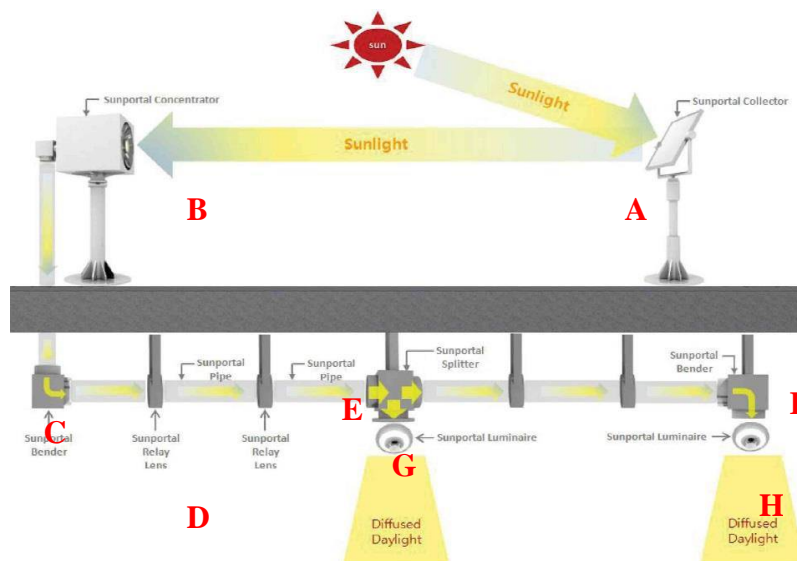
Em ambientes muito profundos, onde não é possível trazer iluminação natural através de janelas, claraboias ou átrios, os sistemas mais desenvolvidos de condução de luz natural são uma estratégia efetiva para compensar essa ausência. Diferentemente de outros sistemas, a captação de luz solar no topo do edifício não é afetada pela sua orientação, mas sim pelas diferentes horas do dia e estações do ano. Durante o verão, o ângulo do sol é alto e, conseqüentemente, há maior incidência de radiação solar sobre o edifício do que no inverno (BOUBEKRI, 2014; TAENGCHUM *et al.*, 2014).

O duto de luz, ou *light pipe*, que pode ser de diferentes tipos e ter diversos tamanhos, é formado por três componentes: o coletor da luz natural, o transportador e o sistema de distribuição da luz no ambiente, conforme apresentado na figura 87.

**Figura 87** - Funcionamento de um duto de luz com heliostato

LEGENDA:

- A - coletor
- B - concentrador/ coletor
- C - sistema para reflexão em curva da luz
- D - lentes de retrasmisão da luz
- E - tubo de condução da luz
- F - sistema divisor dos raios de luz
- G - luminária
- H - luz solar difusa



Fonte: Lightefx (2016)

Na figura anterior, está esquematizado o duto de luz, composto por heliostato<sup>21</sup> com captadores espelhados, que se posicionam de acordo com o movimento do sol para desviar a luz na direção do duto, distribuindo-a.

A figura 88 ilustra o esquema de funcionamento de captação de luz solar por meio de abertura (zenital) na cobertura, que permite a passagem da iluminação natural para o duto, que a conduz ao longo da edificação, iluminando locais profundos e espaços sem janelas. Essa captação pode ocorrer pela abertura zenital direcionada à maior incidência solar ou por meio de heliostatos.

**Figura 88** - Sistema de captação de luz solar.



Fonte: Heliobus (2016)

O uso desse sistema torna-se indicado em locais subterrâneos cujos ambientes estão muito profundos para receber iluminação natural adequada. Os condutores tubulares levam a luz e a distribuem de maneira uniforme no interior dessas edificações (BAKER e STEEMERS, 2002).

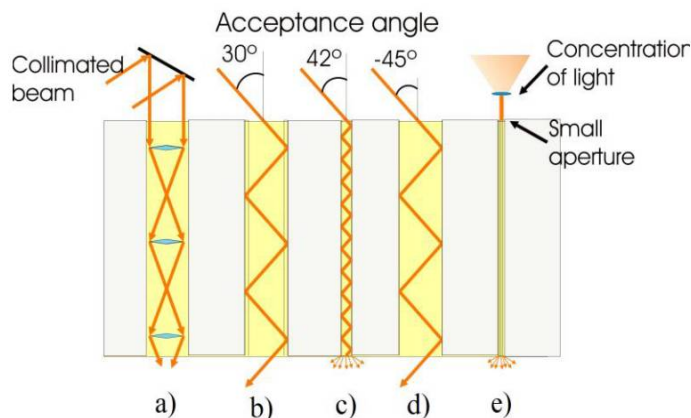
Em um dia ensolarado, pode haver incidência de mais de 100.000 lúmens por metro quadrado sobre as paredes e telhados de um

<sup>21</sup> Instrumento que consiste num espelho plano movido por um mecanismo, que, não obstante o movimento de rotação da Terra, permite projetar os raios solares sobre um ponto fixo.

edifício. O maior desafio em utilizar tecnologias para captar a luz solar e transmiti-la ao subterrâneo é a eficiência. Infelizmente, a maioria dos sistemas de captação de luz do dia padece de baixos graus de eficácia. Um sistema com alto rendimento possui sofisticadas tecnologias e resulta em altos custos (BOUBEKRI, 2014).

Na figura 89 estão ilustrados exemplos de dutos condutores e seus respectivos esquemas de propagação interna de luz, que variam de acordo com a captação de luz, com o ângulo de incidência na entrada do duto e com a forma e o material do duto transportador. São listados, respectivamente, da esquerda para a direita: Dutos com lentes, dutos prismáticos, varas de luz, dutos de luz com espelhos e dutos de luz com fibra ótica.

**Figura 89** - Exemplos de dutos condutores e seus respectivos esquemas de propagação interna de luz

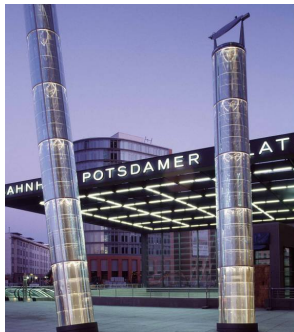


Fonte: Shchepetkov (2016)

O duto mais eficiente é o que possui menor número de reflexões. Isso pode ser potencializado por heliostatos e por lentes.

Atualmente, para iluminar naturalmente áreas de edifícios onde a luz do dia não chega de forma convencional, existem sistemas híbridos que captam a luz do sol e a conduzem através de

**Figura 90** - Dutos metálicos à noite



Fonte: Heliobus (2016)

**Figura 91** - Dutos metálicos durante o dia



Fonte: Heliobus (2016)

materiais ópticos. No interior dos edifícios são instaladas luminárias com sensores que ao detectarem a iluminância abaixo do necessário acionam o sistema de iluminação elétrica (MAYHOUB e CARTER, 2012).

A estação de metrô Potsdamer Platz, inaugurada em 2000 em Berlim, é um exemplo desse sistema, composto por um captador de espelho (heliostato) em formato oval que se reposiciona de acordo com o movimento do sol e redireciona a luz solar captada para o duto, levando-a para a estação situada no subsolo (HELIOBUS, 2016). Esses sistemas baseiam-se no princípio de multirreflexões em superfícies especulares (MOHELNIKOVA, 2009).

Nas figuras 90 e 91, aparecem os dutos de um metro de diâmetro, medindo 14 metros, 17 metros e 21 metros de comprimento, respectivamente, em duas situações: na figura 90, durante a noite funcionando a iluminação elétrica que ilumina os dutos garantindo valor estético a eles (por ficarem em um importante ponto turístico de Berlim) e na figura 91, durante o dia, captando a luz natural e conduzindo-a ao subterrâneo.

A seguir, são especificados os dutos de luz com suas diferentes formas e composições.

#### 4.2.1.2.1 Dutos de luz com interior de espelho

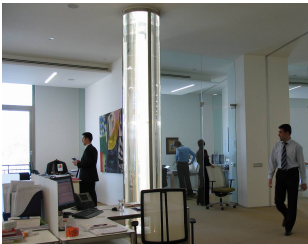
É o tipo de duto mais comum no mercado e presente em muitas obras residenciais e comerciais no mundo. Com seu interior oco composto por espelhos, esse duto transporta a luz através de reflexões internas. O ângulo de entrada do raio de luz e a refletância da superfície interna têm o papel mais importante na eficiência do duto. Um ângulo pequeno de entrada diminui o número de reflexões e aumenta a eficiência. O fator que avalia a performance dos dutos de luz é o *Daylight Penetration Factor* (DPF), definido como a razão entre a iluminância média interior e a iluminância horizontal exterior (BOUBEKRI, 2014).

**Figura 92** - Guia de luz em Istambul – Turquia: imagem dos coletores



Fonte: Heliobus (2016)

**Figura 93** - Imagem do duto que reflete e distribui a luz



Fonte: Heliobus (2016)

**Figura 94** - Duto de luz composto por lentes em Busan - Coreia do Sul



Fonte: Sun Portal (2016)

Os dutos de luz ocios com espelho podem guiar a luz tanto no sentido vertical quanto horizontal. Eles também podem mudar a direção para escapar de algum obstáculo, como elementos estruturais, porém isso cria curvas que aumentam as reflexões internas, causando 14% de perda de luz em cada curva (OAKLEY *et al.*, 2000). Esse percentual de perda é aproximado, pois depende do ângulo e do comprimento da curva. Uma maneira de aumentar a coleta solar é utilizar painéis cortados a laser, que direcionam a luz para dentro do duto no ângulo desejado, aumentando a eficiência.

Na figura 92, os coletores da luz do dia, e na figura 93, o difusor em forma de pilar produzido e instalado pela empresa Heliobus, também com valor estético (BOUBEKRI, 2014).

#### 4.2.1.2.2 Dutos de luz de espelho e lentes

Um duto que tem em seu interior a combinação de espelhos e lentes é capaz de alcançar uma eficiência de 28% (SMITH, 2004). As lentes controlam o transporte de luz e diminuem as perdas dentro do duto.

A passagem subterrânea de pedestres Onchunchun, em Busan, Coreia do Sul, é iluminada durante o dia com a luz do sol, captada com o auxílio de um heliostato, que capta, concentra, conduz e a espalha dentro da passagem com o auxílio das lentes.

Na figura 94, o duto dissipa a iluminação natural em toda a extensão. Há um sistema de LED de emergência que ilumina a passagem quando não é possível fazê-lo com o duto de luz.

**Figura 95** - Duto prismático



Fonte: Boubekri (2014)

### 4.2.1.2.3 Dutos de luz prismáticos

O sistema de dutos de luz também pode ser prismático, ou seja, uma estrutura com acrílico transparente em ângulo reto que transporta a luz via reflexões internas na superfície do duto oco prismático. No escritório *Morgan Lewis International Law*, em Washington, DC, Estados Unidos, foi desenvolvido um duto de 36 metros de comprimento que conduz a luz do átrio ao pátio. Esse duto possui uma camada dupla, sendo de fibra sintética, e o núcleo com prismas de vidro. O núcleo tem forma cônica, diâmetro de 175 centímetros no topo e 50 centímetros na base. Um heliostato capta a luz solar e a reflete através de espelhos para o núcleo de prismas de vidro, que refletem a luz para baixo (BOUBEKRI, 2014). A figura 95 mostra o duto de luz utilizado no escritório e, à direita, o esquema de um duto de luz prismático. Como a maioria desses mecanismos de transporte de luz, sua eficiência depende do ângulo de entrada dos raios solares.

Os sistemas de guia de luz horizontais já foram desenvolvidos em Vancouver, no Canadá, pela empresa Sun Central Inc. com três componentes principais: sistema de rastreamento e colheita de luz solar instalado acima das janelas, na face da edificação com maior exposição solar; guia prismático de luz instalado dentro do forro; e sistema de distribuição da luz nos ambientes.

**Figura 96** - Tecnologia da empresa Parans - Suécia

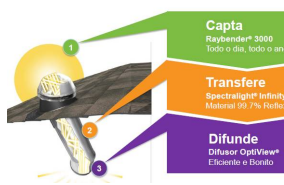


Fonte: Parans (2016)

### 4.2.1.2.4 Dutos de luz de fibra ótica

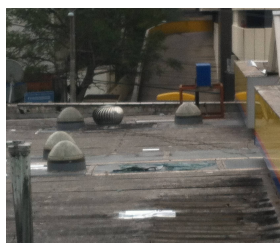
A fibra ótica transporta toda a luz por reflexão interna dentro das paredes da própria fibra, geralmente feita com vidro ou plástico. A grande vantagem é a flexibilidade, que permite direcionar a luz para qualquer lugar, mas, por outro lado, em grandes extensões ela se torna pesada e cara. Devido à sua pequena seção transversal, deve ser associada a um dispositivo de concentração de luz solar para aumentar a eficiência (BOUBEKRI, 2014).

**Figura 97** - Tecnologia da empresa Solatube®



Fonte: Solatube (2016)

**Figura 98** - Captação de luz natural em forma de domus



Fonte: Autor (2016)

**Figura 99** - Luminárias solares



Fonte: Autora (2016)

A figura 96 apresenta o sistema comercializado pela empresa sueca Parans<sup>22</sup>. Trata-se de um sistema composto por um captador e concentrador de luz solar (figura 96) ligado a um arranjo de fibras óticas enclausuradas, capazes de direcionar a luz para qualquer porção do edifício.

#### 4.2.1.2.5 Exemplos de dutos instalados em Porto Alegre - RS

Apesar de ainda não estarem presentes em espaços subterrâneos de Porto Alegre, existem dutos de luz da marca Solatube instalados em quatro lojas de conveniência dos postos AM/PM Ipiranga. Localizadas nas avenidas Assis Brasil, nº 8207; Nilo Peçanha, nº 95; Chuí, nº 75; e Borges de Medeiros, nº 2205, as lojas têm instalações mistas, ou seja, luminárias elétricas e luminárias solares.

Na loja AM/PM Ipiranga da Avenida Borges de Medeiros, foi instalado um sistema com quatro luminárias solares Solatube, compostas por um domus Raybender®, que capta a iluminação do dia independente da condição climática. Transferida para o interior através do material extremamente refletivo Spectralight®, e difundida pelo OptiView®, semelhante a uma luminária, a iluminação interna é complementada pela luz natural, trazendo maior conforto aos usuários e funcionários, que muitas vezes permanecem por lá o dia inteiro.

A figura 97 demonstra o esquema de montagem do duto utilizado nos postos Ipiranga de Porto Alegre. Essa tecnologia capta e difunde a luz de tal maneira que, mesmo em dia nublado, é capaz de conduzir luz natural ao ambiente interior. Os domus translúcidos (figura 98) têm forma abobadada que não exige manutenção, por não acumular poeira na superfície.

<sup>22</sup> Empresa sueca que trabalha com sistemas de captação e condução de luz natural tanto em subterrâneos quanto em edifícios altos



No interior da loja, as luminárias (figura 99) têm superfície prismática leitosa e difundem a luz natural de forma uniforme. Combinadas com luminárias elétricas, produzem uma iluminação mais saudável e econômica para o ambiente.

A tecnologia de dutos de luz pode prover a iluminação natural e melhorar diversos projetos existentes em Porto Alegre. Entre eles o Hospital de Clínicas, que tem pavimentos no subterrâneo – onde pessoas trabalham - sem iluminação natural. O mesmo acontece em estacionamentos subterrâneos que têm lojas, como é o caso do Shopping Moinhos.

Existem diversas formas de levar a luz natural a ambientes subterrâneos, desde elementos arquitetônicos usados como partido de projeto, entre eles os componentes de passagem, até as tecnologias mais complexas, a exemplo do duto de luz. Os componentes para utilização da luz natural tornam possível trazer a luz preferida a um ambiente e melhorar a qualidade de vida do usuário.

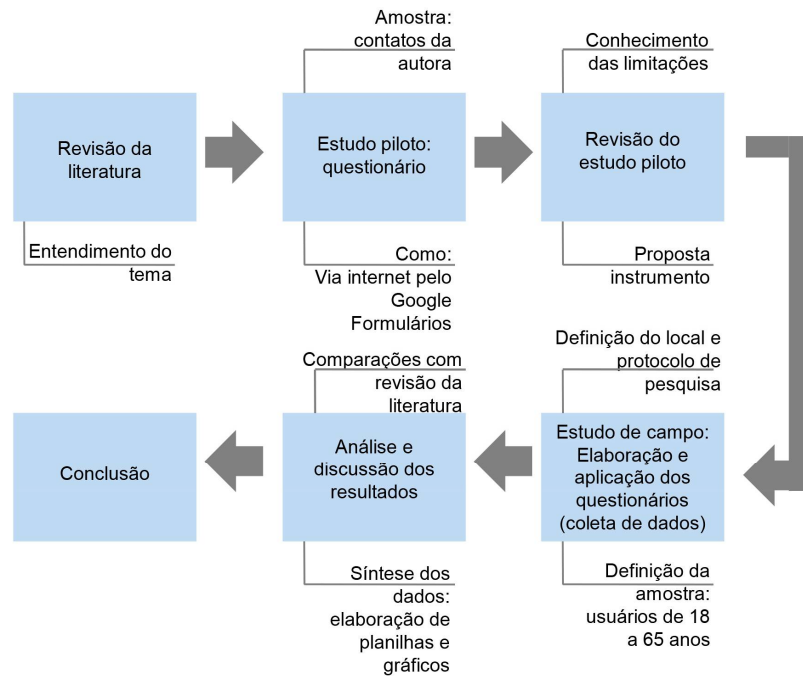
## 5 METODOLOGIA

O objetivo geral desta pesquisa foi identificar a percepção da iluminação nos espaços subterrâneos no contexto da cidade de Porto Alegre.

Para isso, como já citado anteriormente, foi elaborada, inicialmente, uma matriz de aspectos mais importantes em relação à iluminação de espaços subterrâneos, a partir das análises realizadas na revisão da literatura, para verificar quais estratégias de iluminação foram utilizadas em projetos exemplares de ambientes subterrâneos nacionais e internacionais, identificar possíveis diferenças entre a percepção dos usuários em Porto Alegre e a percepção internacional levantada na revisão de literatura, e ainda identificar aspectos da iluminação que contribuam para a percepção positiva dos usuários de espaços subterrâneos no contexto da cidade de Porto Alegre.

O trabalho, de abordagem qualitativa, usou como metodologia o estudo de campo para observar os usuários e seu comportamento nos locais determinados e obter informações sobre a realidade de Porto Alegre. O fluxograma apresentado na figura 100 demonstra os procedimentos realizados.

**Figura 100** - Fluxograma dos procedimentos da pesquisa



Fonte : Autora (2017)

## 5.1 Estudo de campo

Através do estudo de campo, buscou-se fazer o levantamento aprofundado da percepção dos usuários sobre suas vivências e preferências em espaços subterrâneos em um ambiente real.

Por tratar-se de percepção, ou seja, um fator subjetivo, e considerando-se os fatores climáticos e culturais como influenciadores da percepção dos usuários, foi de extrema importância realizar o estudo em Porto Alegre, uma vez que não há conhecimento de estudos sobre esse tema na região.

Após a revisão da literatura, foi elaborado e aplicado um instrumento de coleta de dados piloto/modelo (questionário) com moradores da cidade de Porto Alegre, através do *software* Google Formulários, para consultar a reação da população a respeito desse assunto e testar os instrumentos de coleta de dados.

Após organizar os dados do estudo-piloto em planilhas e gráficos com o *software* Excel 2007, foi realizada a análise dos dados e identificadas as limitações, procurando possíveis formas de aperfeiçoar a coleta.

A revisão do estudo-piloto e um estudo dirigido sobre como elaborar um instrumento de coleta de dados conduziram o trabalho para a estrutura de levantamento e questionário ao vivo, a fim de coletar os dados de forma mais fiel à realidade vivenciada pelo usuário.

O questionário foi elaborado em 13 perguntas, sendo três delas sobre a amostra. Os locais definidos foram: a passagem subterrânea entre o Mercado Público e a estação Mercado de metrô, a passagem subterrânea da Rodoviária, ambas no centro da cidade, e a passagem subterrânea sob o Terminal Triângulo, na zona norte da cidade.

O desenvolvimento do estudo e os procedimentos realizados são descritos no tópico a seguir.

### **5.1.1 Estudo-piloto**

Para validar o questionário como instrumento de coleta de dados, foi realizado um estudo-piloto. Foi elaborado o questionário-piloto, no qual foram coletados dados diretamente com os usuários, sob o ponto de vista arquitetônico, de conforto ambiental e psicológico, enfatizando as questões de iluminação. Outro objetivo do estudo-piloto foi verificar a percepção de conforto ambiental em espaços subterrâneos dos moradores de Porto Alegre, a fim de encontrar possíveis diferenças e semelhanças em relação ao levantado na revisão da literatura internacional.

O questionário foi aplicado através de formulários enviados via internet, utilizando a ferramenta Google Formulários, no período de 10 a 25 de janeiro de 2016. A amostra inicial de cem pessoas entre 15 e 60 anos, selecionadas aleatoriamente, englobou um público de diversas profissões e faixas etárias. A pesquisa aplicada foi, principalmente, de caráter qualitativo, com questões de múltipla escolha (fechadas) e dissertativas (abertas), a fim de compreender a opinião da população sobre o assunto.

No total, foram obtidos 123 respondentes dos questionários. A coleta das perguntas abertas foi categorizada através da identificação de palavras-chaves comuns, para permitir o agrupamento e a identificação de similaridade entre os grupos de respostas. Os dados das perguntas de múltipla escolha foram tabulados automaticamente em planilhas com o *software* Excel 2007, a partir das quais foram gerados gráficos síntese com os resultados para análise visual direta.

Os resultados apontaram que a percepção local é convergente com o levantado na revisão da literatura, indicando a iluminação como a chave para garantir a satisfação dos usuários, sendo apontada como o fator de conforto mais importante para um espaço subterrâneo de qualidade. A aceitação da pesquisa foi bastante positiva. Houve grande adesão ao estudo, sendo que diversas pessoas demonstraram interesse e curiosidade pelo tema.

O resultado do estudo-piloto foi satisfatório e, embora o uso do *software* Google Formulários tenha facilitado a obtenção de respondentes e a organização dos dados, que eram automaticamente colocados em tabelas logo após sua realização, o estudo extrapolou o limite da cidade de Porto Alegre. Por tratar-se de um documento *online*, foi compartilhado com pessoas residentes em outras cidades, algumas até não frequentadoras de espaços subterrâneos.

Diversos usuários mencionaram espaços subterrâneos de outras cidades e de diversos países, e concluiu-se a necessidade de realizar um estudo focado em locais subterrâneos de Porto Alegre por usuários e que estivessem presentes no local no momento da

aplicação do questionário. Dessa forma, definiu-se a aplicação do questionário ao vivo no local como procedimento mais adequado para a obtenção de respostas que captassem a real percepção do local. Os resultados encontrados no estudo-piloto foram apresentados no XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído e publicados nos anais do evento (FRANZ e MARTAU, 2016).

### 5.1.2 Seleção dos locais para o estudo de campo

O critério inicial de seleção dos locais foram ambientes subterrâneos de passagem localizados na cidade de Porto Alegre. Foram definidos três pontos ligados a equipamentos de mobilidade urbana da cidade: a passagem subterrânea entre o Mercado Público de Porto Alegre e o trem (Trensurb), e a passagem subterrânea entre a rodoviária e o trem (Trensurb), ambas no centro da cidade. O terceiro local foi a passagem subterrânea no Terminal de ônibus Triângulo da Avenida Assis Brasil, na zona norte de Porto Alegre (figura 101).

**Figura 101** - Mapa da cidade de Porto Alegre com a indicação dos locais para aplicação do questionário.



Fonte : Autora (2017)

No Terminal Triângulo, foi possível aplicar os questionários sem solicitar algum tipo de autorização. Já nas passagens administradas pela Trensurb, empresa do trem, foi necessário enviar um documento solicitando a autorização para realizar as entrevistas (APÊNDICE E).

### 5.1.2.1 Passagem do Terminal de ônibus Triângulo

A passagem subterrânea do Terminal Triângulo foi inaugurada em 2004 e localiza-se no encontro das avenidas Baltazar de Oliveira Gracia com Assis Brasil, localizadas na zona norte da cidade, ambas com intenso fluxo. O terminal integra as linhas do consórcio Conorte e da Carris, permitindo ao usuário, na troca de ônibus, pagar uma tarifa apenas.

Na figura 102, em pontilhado na cor vermelha, é identificada a passagem subterrânea que cruza o terminal, conduzindo a travessia do pedestre de forma segura de um lado a outro da avenida.

**Figura 102** - Localização do Terminal Triângulo e, em vermelho, o trajeto subterrâneo estudado



Fonte: Autora (2017)

**Figura 103** - Vista aérea do Terminal Triângulo - Porto Alegre



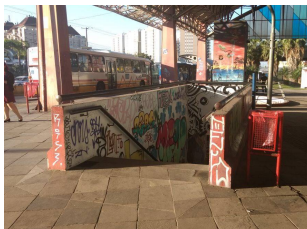
Fonte: Panoramio (2009)

**Figura 104** - Abertura zenital na cobertura do Terminal Triângulo



Fonte: Autora (2017)

**Figura 105** - Acesso a passagem subterrânea do Terminal Triângulo



Fonte: Autora (2017)

A passagem subterrânea, com mais de 120 metros de comprimento, permite a travessia da via e dá acesso às plataformas de ônibus entre as faixas.

A figura 103 mostra a vista panorâmica do terminal, seu entorno e a confluência das avenidas Assis Brasil e Baltazar de Oliveira Garcia. A grande cobertura sobre o terminal tem uma claraboia que deixa a luz natural passar não só para a superfície logo abaixo, mas também garante a chegada da luz do dia na passagem subterrânea, como pode-se ver na figura 104.

Os acessos à passagem ocorrem através de escadas em cinco pontos e elevadores. A figura 105 mostra um dos acessos por escada no qual o usuário mergulha da superfície ao subterrâneo de forma brusca. Apresenta forte característica de passagem, não havendo comércio no local.

O jornal Diário Gaúcho noticiou, em maio de 2016, as más condições do local, que teve parte da cobertura arrancada devido a um vendaval. A iluminação insuficiente da passagem foi apontada como o principal motivo para a falta de segurança do local, que é frequentemente depredado com pichações (SCHULER, 2016).

### 5.1.2.2 Passagem da Estação de trem Rodoviária

Localiza-se junto à Estação Rodoviária de Porto Alegre, principal ligação entre a capital e as cidades do interior do Estado. A passagem subterrânea conecta a Rua da Conceição (onde localiza-se a Rodoviária) à Avenida Júlio de Castilhos, em um trajeto de aproximadamente 100 metros de comprimento, e garante o acesso à estação de trem da Trensurb.

A passagem subterrânea tem acesso através de uma escada rolante, escadas fixas e elevadores que levam à plataforma e à Avenida Júlio de Castilhos.



**Figura 106** - Vista aérea da estação Rodoviária - Porto Alegre



Fonte: Porto Imagem (2012)

**Figura 107** - Acesso à passagem subterrânea da estação Rodoviária Porto Alegre



Fonte: Autora (2017)

**Figura 108** - Vista do hall e passagem da estação Rodoviária Porto Alegre



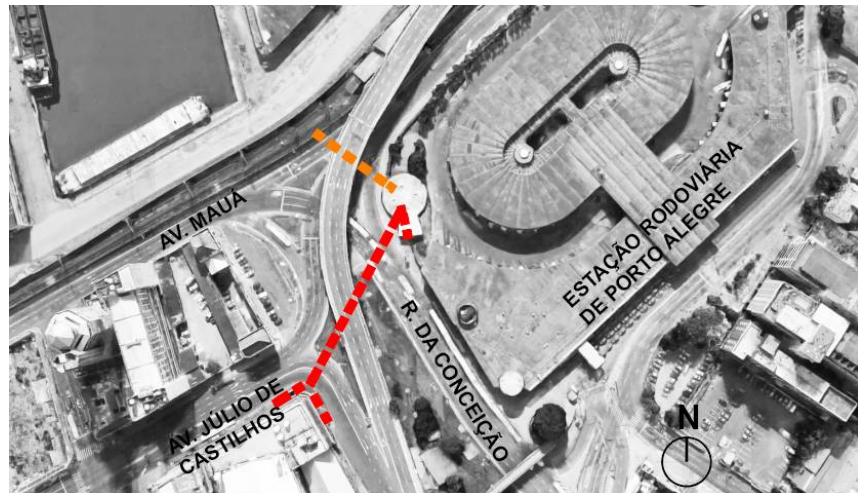
Fonte: Autora (2017)

Na figura 106, encontra-se a vista aérea da área da Rodoviária, região composta por vias de intenso movimento em níveis diferentes. É a zona de acesso para a região central da cidade e zona sul, tanto por automóveis quanto por ônibus e pedestres.

A figura 107 apresenta o local de acesso ao subterrâneo, que ocorre por escada e elevador. Nesse acesso, existem janelas que auxiliam na iluminação natural, como é possível observar na figura 108, no hall que liga a superfície (à esquerda) à passagem (à direita).

No hall, além da presença de janelas também existem quatro claraboias que complementam a iluminação do local. Na figura 109, é possível ver, em vermelho, a passagem subterrânea onde foram realizados os estudos e, em tracejado laranja, a área também subterrânea, porém paga. As entrevistas ocorreram apenas nos locais de livre acesso.

**Figura 109** - Localização da passagem subterrânea na Estação Rodoviária



Fonte: Autora (2017)

**Figura 110** - Acesso à passagem subterrânea da estação Mercado Porto Alegre



Fonte: POA 24 Horas (2017).

**Figura 111** - Mercado e vias sobre a passagem subterrânea Porto Alegre



Fonte: Autora (2017)

**Figura 112** - Acesso à passagem subterrânea da estação Mercado Porto Alegre



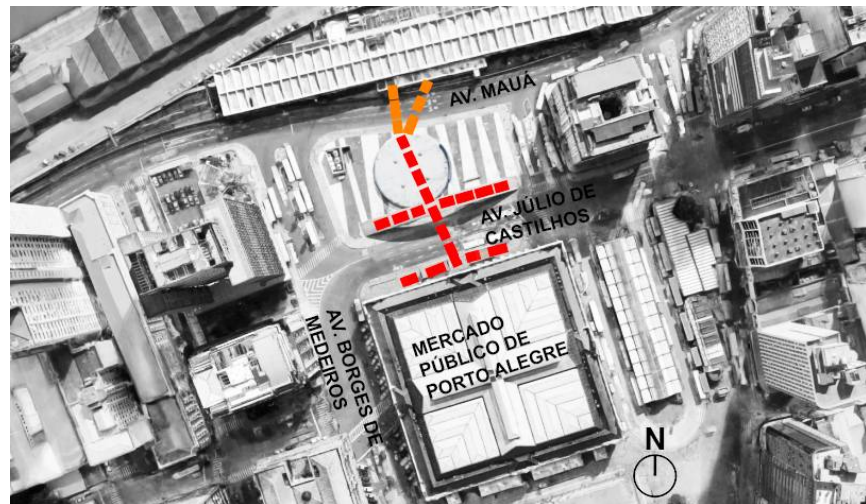
Fonte: Autora (2017)

### 5.1.2.3 Passagem da Estação de trem Mercado Público

A passagem subterrânea do Mercado Público localiza-se no centro da cidade, entre o Mercado Público e a estação de trem inicial da linha que conecta Porto Alegre às cidades de Canoas, Esteio, São Leopoldo e Novo Hamburgo, que integram a região metropolitana de Porto Alegre. A passagem atravessa as avenidas Mauá e Júlio de Castilhos, com comprimento de aproximadamente 65 metros até as catracas. O local é diferenciado dos demais estudados pois não se caracteriza como passagem entre vias, e sim unicamente como acesso à plataforma do metrô.

Na figura 113, em vermelho tracejado, encontra-se a passagem subterrânea de livre acesso e, em laranja, a área paga.

**Figura 113** - Localização da passagem subterrânea na Estação Mercado



Fonte: Autora (2017)

No entorno, o local é extremamente movimentado, com alto tráfego de veículos e pedestres (figura 110). A figura 111 mostra a vista da estação de metrô para o Mercado Público. Pode-se observar o volume circular que indica o hall subterrâneo que dá

acesso às catracas. Quatro claraboias e janelas nas laterais permitem a entrada da luz natural, recurso utilizado nas estações da empresa Trensurb. A figura 112 mostra o acesso direto do nível da rua para a passagem, que ocorre por escadas convencionais e rolantes e por elevador. O acesso tem as laterais em vidro, que garantem a entrada da luz natural. Em seu interior, conta com comércio diversificado, serviços e caixas eletrônicos.

### **5.1.3 Seleção da amostra**

A amostra foi caracterizada por usuários das passagens subterrâneas com idade entre 18 e 65 anos, com visão e audição preservadas. O critério de escolha dos transeuntes ocorreu de forma aleatória, deixando passar duas pessoas e abordando a terceira. Com os comerciantes, o critério utilizado foi por conveniência, pois tratou-se de um grupo reduzido. No Terminal Triângulo, não há comércio formal na passagem.

Estipulou-se aplicar o questionário a pelo menos 20 usuários em cada local, totalizando 60 questionários.

### **5.1.4 Objeto de estudo**

O objeto de estudo foi a iluminação dos ambientes subterrâneos, avaliada de forma quantitativa através do luxímetro, e qualitativa por meio dos questionários.

### **5.1.5 Levantamentos: Dimensões, sistema de iluminação, materiais, iluminâncias**

Antes da aplicação dos questionários, foi feito o levantamento das dimensões, dos materiais utilizados para revestimento, do sistema de iluminação elétrica e natural, do tempo para realizar o percurso, da iluminância e também fotográfico, com o auxílio do celular. Definiu-se iniciar o levantamento às 15h de dias com céu aberto em todos os locais.

Com trena a laser (modelo Bosch GLM 50 Professional), foram obtidas dimensões como largura e comprimento das passagens, bem como pé-direito. Foi utilizado o luxímetro da marca Dr. Meter, modelo LX 1330B (0.1 - 200 000 lx), para obtenção da iluminância das passagens em diversos pontos marcados em planta, inclusive na superfície, a fim de realizar as comparações com o interior. O critério para escolha desses pontos foi em locais de transição entre ambientes e no centro das passagens. As iluminâncias medidas nas passagens serão comparadas com a tabela 1 da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) que estabelece a iluminância mantida ( $E_m$ ) em áreas de circulação e corredores  $E_m = 100\text{lux}$ , índice limite de ofuscamento unificado  $UGR_L=28$  e índice de reprodução de cor mínimo  $R_a=40$  e destaca a importância de estabelecer a zona de transição nas entradas e saídas para evitar as mudanças bruscas desses índices, causando desconforto ao sistema visual (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

**Tabela 1** - Iluminância em áreas de corredor e circulação segundo ABNT NBR ISO/CIE 8998-1:2013.

**PLANEJAMENTO DOS AMBIENTES (ÁREAS), TAREFAS E ATIVIDADES COM A ESPECIFICAÇÃO DA ILUMINÂNCIA, LIMITAÇÃO DE OFUSCAMENTO E QUALIDADE DA COR**

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	$UGR_L$	$R_a$	Observações
<b>1. Áreas gerais da edificação</b>				
Saguão de entrada	100	22	60	
Sala de espera	200	22	80	
Áreas de circulação e corredores	100	28	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	25	40	
Rampas de carregamento	150	25	40	
Refeitório/Cantinas	200	22	80	
Salas de descanso	100	22	80	

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013)

Além disso, com o cronômetro do celular, foi feita a contagem do tempo gasto no percurso desde o acesso à superfície até o final do trajeto no Terminal Triângulo e na passagem da Estação Rodoviária. No Mercado Público, esse tempo foi cronometrado do acesso até as catracas.

### **5.1.6 Instrumento de coleta de dados**

Foi realizado um estudo dirigido intitulado "Metodologia para elaborar instrumento de coleta de dados" e definido como instrumento de coleta de dados o questionário, de acordo com a revisão da literatura realizada (LAZARSELD, 1944; VAN DYKE BINGHAM, MOORE e GUSTAD, 1959; CANNEL e KAHN, 1968; SOMMER, 1969; DILLMAN, 1978; RUMMEL, 1981; YAREMKO et al., 1986; MANZINI, 1990; SOMMER e SOMMER, 1991; GIL, 2002; WAPNER e DEMICK, 2002; GÜNTHER, 2003; RIVLIN, 2003; PINHEIRO, 2007; CAVALCANTE e MACIEL, 2008; GÜNTHER, 2008; PINHEIRO e GÜNTHER, 2008;).

O questionário foi estruturado com 13 perguntas abertas e fechadas. Foram elaboradas as questões que tratavam diretamente do tema e outras três perguntas sobre o perfil da amostra (sexo, escolaridade e faixa etária). As questões sobre o tema foram organizadas do geral para o específico. O respondente não foi identificado.

Para a montagem do instrumento, foram consideradas duas etapas fundamentais, de acordo com Gil (2002): a especificação dos dados que se pretendeu obter, demonstrada de forma mais focada, e a escolha da formulação das perguntas, da seguinte forma:

- As questões foram elaboradas de forma direta para facilitar o entendimento;
- As questões foram formuladas previamente e testadas em um estudo-piloto;
- Teve-se o cuidado para elaborar perguntas importantes e que a mesmas não sugerissem respostas;

- Teve-se o cuidado de não elaborar perguntas muito tendenciosas ou que exigissem respostas mais pessoais para o tema;
- Foram elaboradas questões com clareza e objetividade, e que não exigissem esforços mentais dos respondentes, para não gerar resistência.

Foram utilizadas palavras já mencionadas no estudo-piloto como diretrizes para a elaboração das novas questões. Os aspectos, tanto positivos quanto negativos, mencionados no estudo-piloto que embasaram o instrumento final encontram-se no quadro 5.

**Quadro 5** - Características negativas e positivas associadas aos espaços subterrâneos - síntese do estudo-piloto utilizado para montar as entrevistas

<b>Positivas</b>	<b>Negativas</b>
Bem iluminado	Sombrio
Claro	Escuro
Atrativo, interessante	Entediante
Agradável	Desagradável
Alegre	Triste
Ampla, livre	Enclausurado
Bem ventilado	Mal ventilado
Seguro	Inseguro
Confortável	Desconfortável
Boa orientação contato com o exterior	Desorientação falta de contato com o exterior
Segurança / Proteção	Medo de colapso
Associação com mistério/aventura/vida	Associação com morte/ enterro /medo

Fonte: Autora (2017)

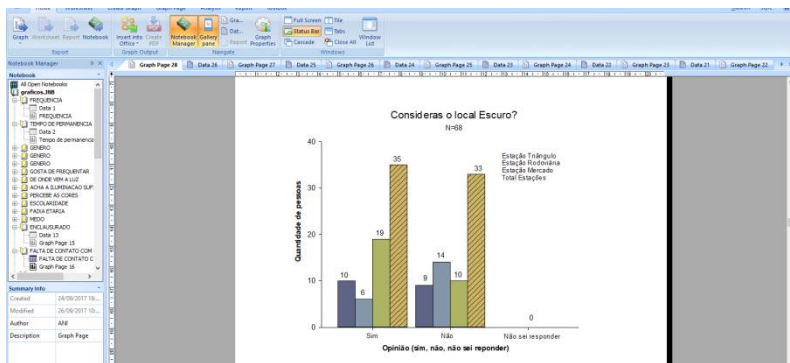
Uma questão foi aplicada na forma aberta para capturar alguma informação não coberta pelos itens fechados.

Questões sobre a permanência das pessoas em subterrâneo são extremamente importantes, uma vez que um ambiente de passagem não causa tanto impacto psicológico quanto um ambiente em que a pessoa necessita permanecer por diversas horas do dia. Por esse motivo, foram aplicadas, separadamente, uma questão para os transeuntes e outra para os comerciantes que trabalham nesses locais.

Houve um protocolo a ser seguido (apêndice B) pelas duas pessoas que aplicaram os questionários no local, devidamente identificadas com crachá da universidade e um documento com foto. Cada pesquisador se posicionou de um lado da passagem subterrânea e interpelou os transeuntes de forma aleatória, seguindo o critério de deixar passar duas pessoas e abordar a terceira. Os dados coletados dos questionários foram repassados a planilhas no Microsoft Excel e Devidamente organizados pela pesquisadora. Foi utilizado o software gratuito Word Art 2017 para montar a nuvem de palavras com a única questão deixada aberta, em que o respondente teria que definir o espaço em que estava utilizando uma palavra.

As questões fechadas qualitativas foram organizadas em forma de gráficos com o auxílio do software Sigma Plot 13 (SIGMA PLOT, 2018), que desenvolve gráficos científicos. A interface do programa aparece na figura 114.

**Figura 114** - Interface do *software* Sigma Plot 13.



Fonte: Print screen do software Sigma Plot 13.

Para realizar a análise da melhor forma, foram feitos gráficos com os dados de cada estação em separado, comparados com os dados do total das estações.

No capítulo seguinte, são apresentados os resultados e a discussão do estudo.



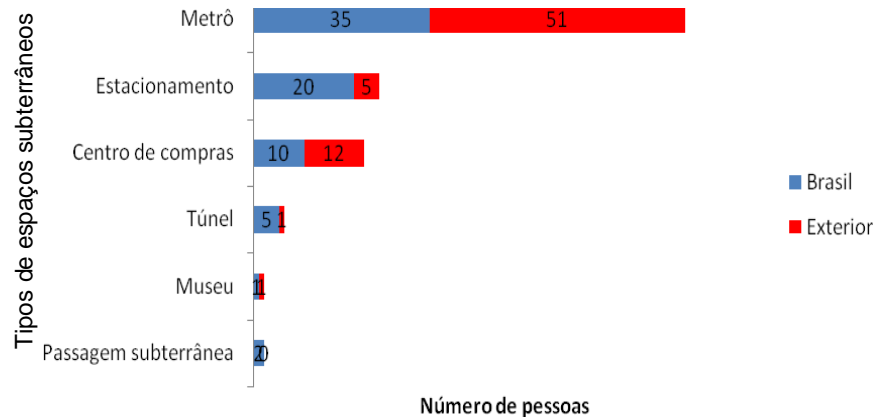
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Estudo-Piloto

Conforme descrito no capítulo anterior, no estudo-piloto realizado em forma de questionário *online*, a questão inicial perguntava se a pessoa já havia frequentado um ambiente enterrado, sendo que 97% (n=123) dos participantes responderam já terem estado 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). Surgiram locais de permanência citados como hospital, bibliotecas, salas de aulas e bares. Um dos respondentes mencionou estações de metrô ligadas ao centro de compras como sendo locais aprazíveis e vivenciados como positivos em Berlim, com grande movimentação de pessoas, o que gerou o sentimento de conforto e segurança.

Os usos subterrâneos no Brasil mais frequentados pelos participantes (figura 115) foram as estações de metrô, com 35 citações, seguidas pelos estacionamentos subterrâneos, com 20 respostas. Houve também pessoas que mencionaram 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 centros de compras (12 respostas) foram os ambientes subterrâneos mais frequentados no exterior.

**Figura 115** - Resposta sobre a pergunta: Que tipo de ambiente era esse?  
(n= 123).



Fonte: Autora (2016)

O país no qual os entrevistados mais utilizaram espaços subterrâneos (figura 116) foi o Brasil, com 36% (n= 123) das respostas, sendo, em sua maioria, citados os metrôs do Rio de Janeiro, de São Paulo e estacionamentos subterrâneos de Porto Alegre. Em seguida, a França obteve 17% (n= 123) das respostas, sendo mencionados, principalmente, os metrôs em Paris. As estações de metrô diretamente ligadas a centros de compras e galerias comerciais foram apontadas como locais interessantes no exterior.

**Figura 116** - Resposta sobre a pergunta: Em qual país? (n= 123)

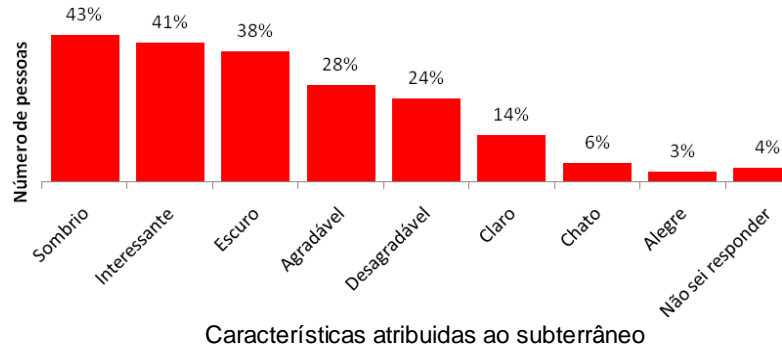


Fonte: Autora (2016)

Questionados sobre as impressões ao se utilizar um espaço enterrado (figura 117), com opções de múltipla escolha, das 123 respostas obtidas, as características mais mencionadas foram “sombrio”, com 43% dos respondentes, e logo após “interessante”, com 41% das respostas. Ou seja, as respostas demonstram que as pessoas estão abertas a utilizar os subterrâneos, porém ainda têm a imagem mental de que 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 “claro” (14%), indica uma tendência de não perceber esses espaços como atrativos.

**Figura 117** - Resposta sobre a pergunta: Quais foram a suas primeiras impressões/ sensações ao entrar em um ambiente subterrâneo? (n= 123)

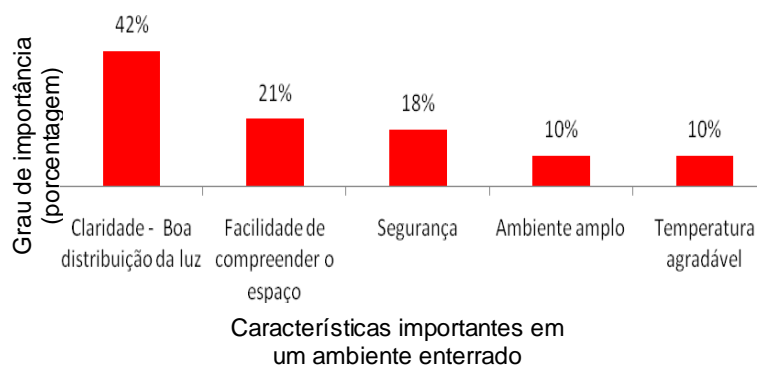
Questão de múltipla escolha



Fonte: Autora (2016)

A figura 118 demonstra que 42% das pessoas da amostra (n= 123) consideraram a claridade ou boa distribuição da iluminação o aspecto mais importante para garantir a qualidade de um ambiente enterrado, destacando-se dos demais. A facilidade de compreender o espaço apareceu como a segunda característica mais importante, obtendo 21% das respostas, seguida 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. Novamente, as respostas confirmam os dados mostrados na revisão teórica, de que a desorientação é um sintoma negativo forte ao frequentar um ambiente de subterrâneo, assim como a falta de iluminação adequada, que remete a um ambiente escuro e sombrio.

**Figura 118** - Resposta sobre a pergunta: Se você tivesse que marcar o aspecto mais importante para a qualidade de um ambiente subterrâneo, em sua opinião, qual seria? (n= 123)



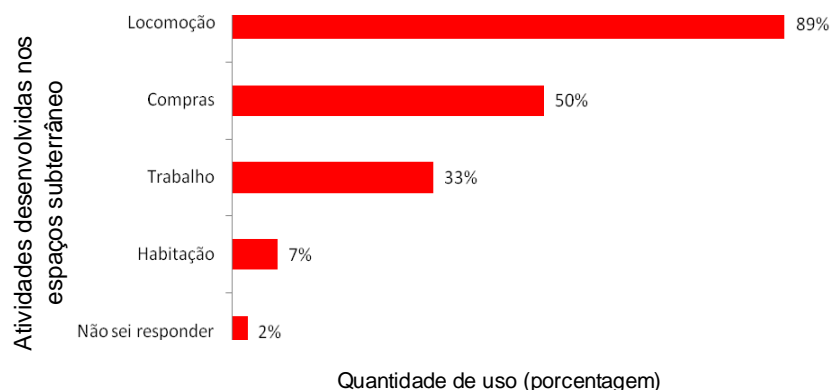
Fonte: Autora (2016)

Ao serem questionadas sobre já terem trabalhado em ambientes subterrâneos, 96% (n=123) das pessoas responderam que não e apenas 3% (n= 123), que sim. Os voluntários que responderam afirmativamente relataram turnos de seis a sete horas diárias de trabalho em escritórios ou comércio, principalmente em *shopping centers*. Também disseram sentir falta da iluminação natural e da orientação temporal fornecida pelo contato visual com o exterior, bem como da informação sobre o clima. A desorientação causada pela falta de informação visual do exterior, para atender às necessidades biológicas (LAM, 1977), foi relatada como o maior incômodo da experiência. Novamente, aspectos relacionados à luz natural voltam a aparecer como fundamentais para garantir as condições de conforto emocional dos usuários em espaços enterrados.

Quando questionados sobre qual atividade desenvolveriam em ambientes de subterrâneos (figura 119), destacou-se a

locomoção, com 89% (n= 123) das respostas, seguida da utilização como espaço de comércio (50%).

**Figura 119** - Resposta sobre a pergunta: Você usaria um ambiente subterrâneo para quais atividades? (n= 123)

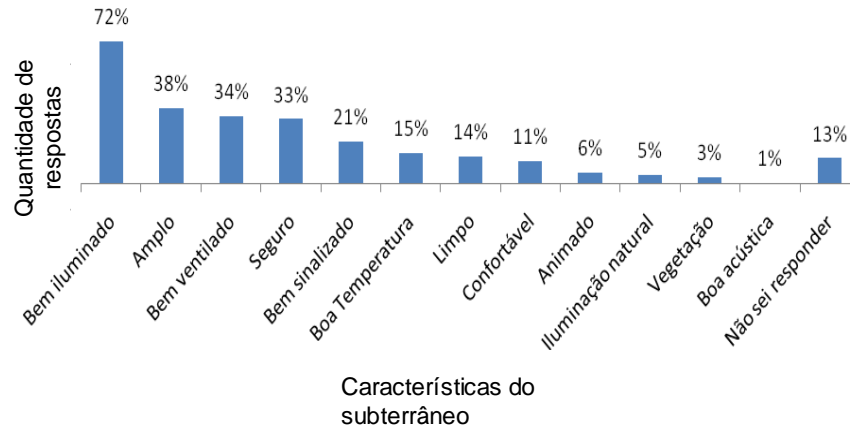


Fonte: Autora (2016)

Trabalhar e morar foram os usos com menor aceitação, sendo 33% e 7%, respectivamente. Fica óbvia a maior aceitação para lugares de uso transitório ou de passagem e a natural recusa em utilização do espaço enterrado como alternativa para atividades de maior permanência. Somente 7% dos usuários responderam que morariam em um ambiente enterrado, apesar de diversos exemplos serem encontrados em civilizações passadas (D'ANGELIS e SANTOS, 2014), como citado anteriormente.

Questionadas a respeito de quais características deveria ter um espaço subterrâneo ideal (figura 120), 72% (n= 123) descreveram um “ambiente bem iluminado” como aspecto mais importante, confirmando as respostas anteriores e convergindo com os estudos analisados no referencial teórico.

**Figura 120** - Resposta sobre a pergunta: Na sua opinião, como esse ambiente subterrâneo precisaria ser? (n= 123)



Fonte: Autora (2016)

Interessante observar que, apesar do desejo de uma iluminação “adequada”, somente 5% (n= 123) imaginam que a luz natural seria a responsável pela boa iluminação. Nas respostas anteriores, os usuários que já permaneceram em ambientes enterrados por turnos maiores foram enfáticos em relação à falta de contato visual com 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. Novas estratégias de reconectar o ambiente enterrado com o natural devem 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, THOMPSON e KOSSLYN, 2004).

Aspectos como “ampla” e “bem ventilado” seguem como características importantes, obtendo 38% e 34% das respostas (n= 123), respectivamente. Mais uma vez, a temperatura do local

não se destaca, representando apenas 15% (n= 123) de respostas assinaladas.

Nas questões abertas, a importância de um ambiente subterrâneo não provocar a sensação de claustrofobia foi mencionada, convergindo com a resposta anterior, na qual o ambiente amplo era a característica relevante para 38% (n= 123) dos respondentes. Outro voluntário afirmou ser necessário que um ambiente subterrâneo pareça com um ambiente externo, ressaltando a conexão com a superfície. Alguns usuários reforçaram a opinião de que o 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, quando se trata de subsolos, essa é uma percepção que independe de local ou de cultura. Aspectos de conforto relacionados à acústica não apareceram de forma significativa nas entrevistas, sendo apontados por apenas 1% dos respondentes.

Os resultados obtidos na amostra desse estudo no Rio Grande do Sul quanto às percepções dos usuários em relação ao conforto de espaços subterrâneos foram convergentes com os dados da revisão da literatura internacional. Apesar da localização geográfica e da cultura muito diversas dos estudos revisados, os dados obtidos indicaram impressões semelhantes. Embora as percepções negativas tenham predominado, alguns aspectos positivos de se construir no subterrâneo foram mencionados, como o sentimento de proteção e o isolamento para maior concentração, um lugar interessante e estimulante onde possa haver obras de arte e pessoas tocando músicas, um local protegido do clima, da chuva e animado.

Apenas dois voluntários 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 terem legislação específica para



isso (BESNER, 2007). Tal opinião contraria a outra expressiva maioria, que classificou os subterrâneos visitados com adjetivos como “escuros” e “sombrios”, o que reforça a ideia da pesquisa, de que é possível sim criar ambientes de ótima qualidade que sejam aprazíveis para o usuário, mas bastante difícil por causa dessa percepção negativa inconsciente dos usuários.

## **6.2 Estudo de campo**

Depois dos resultados do estudo-piloto, são apresentados os resultados do estudo de campo realizado após modificações advindas da experiência com o estudo-piloto.

### **6.2.1 Levantamentos: dimensões, sistemas de iluminação, materiais, iluminâncias**

O levantamento dos três locais aconteceu no mês de agosto de 2017, em dias de céu aberto.

Os dados foram organizados em quadros (quadro 6, 7 e 8), com a planta baixa do local destacando o percurso em vermelho e o local onde foram aplicados os questionários, em azul. Na cor laranja, foram marcados os locais de transição, onde a passagem tem contato direto com a rua ou com a iluminação natural através de aberturas zenitais ou janelas.

Nos ambientes administrados pela Trensurb, como as estações Rodoviária e Mercado, a iluminação acontece através de luminárias de sobrepôr instaladas no centro das passagens, compostas por duas lâmpadas tubulares fluorescentes cada. No Terminal Triângulo, a iluminação acontece de forma indireta, através de luminárias entre o forro e a parede, que lançam a luz para o teto abobadado.

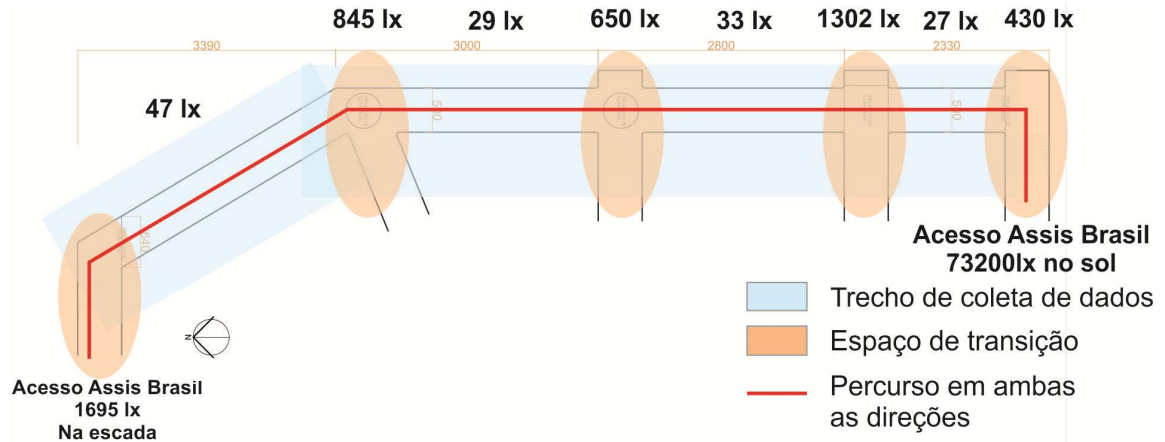
O tempo necessário para a realização dos percursos é de aproximadamente um minuto nas passagens das estações Rodoviária e Mercado, e de dois minutos na passagem do Terminal Triângulo. Ou seja, são basicamente caracterizados

como espaços de passagem e movimento, embora na Estação Mercado exista a disponibilidade de serviços, comércio e algumas lancherias.

Os três locais analisados possuem pontos de entrada de luz natural, porém nas passagens das estações Mercado e Rodoviária as zenitais não permitem o contato direto com o exterior devido à sujeira acumulada e ao fato de o material não ser transparente. Existem janelas laterais nos locais de bilheterias dessas duas estações, mas diversas estão fechadas por tapumes ou por salas comerciais.

A luz natural invade o Terminal Triângulo através de aberturas zenitais em acrílico, maiores e translúcidas, que permitem o contato visual com o exterior.

**Quadro 6** - Levantamento de dimensões, sistema de iluminação, acabamentos, iluminâncias no trajeto da passagem subterrânea do Terminal Triângulo



Local - Terminal de ônibus Triângulo Assis Brasil

Data 17/08/2017

Céu aberto | 21°C

Tempo para realizar o percurso 2' 12"

Sistema de iluminação elétrica: Refletores direcionando a luz para o forro

Iluminação natural com quatro aberturas zenitais de acrílico e um átrio sob a cobertura



Iluminação elétrica



Átrio sob a abertura zenital



Abertura zenital com fechamento em acrílico

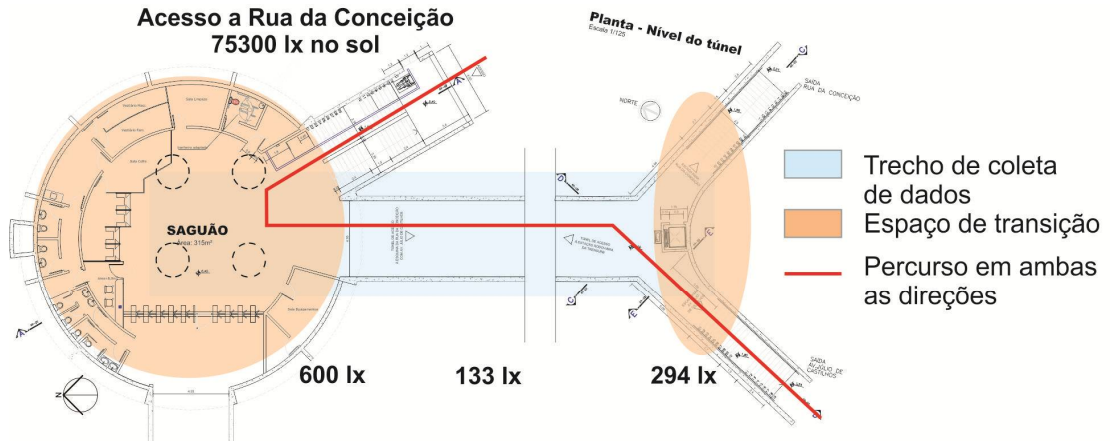
Acabamentos

piso de basalto, paredes com grafites coloridos e forro de concreto pintado de branco

Dimensões| Pé direito: 3,00 m | Largura: 4,93 m | Comprimento do trajeto : 124,00 m

Fonte: Autora (2017)

**Quadro 7** - Levantamento de dimensões, sistema de iluminação, acabamentos, iluminâncias da passagem subterrânea da Estação Rodoviária



Local - Passagem Estação de trem Rodoviária

Data 23/08/2017

Céu aberto | 29°C

Tempo para realizar o percurso      1' 39"

Sistema de iluminação elétrica: Luminárias lineares de sobrepor com duas lâmpadas fluorescentes tubulares em cada.

Iluminação natural com quatro aberturas zenitais com fechamento acrílico no espaço de transição



Iluminação elétrica



Espaço de transição com aberturas zenitais



Abertura zenital com fechamento em acrílico

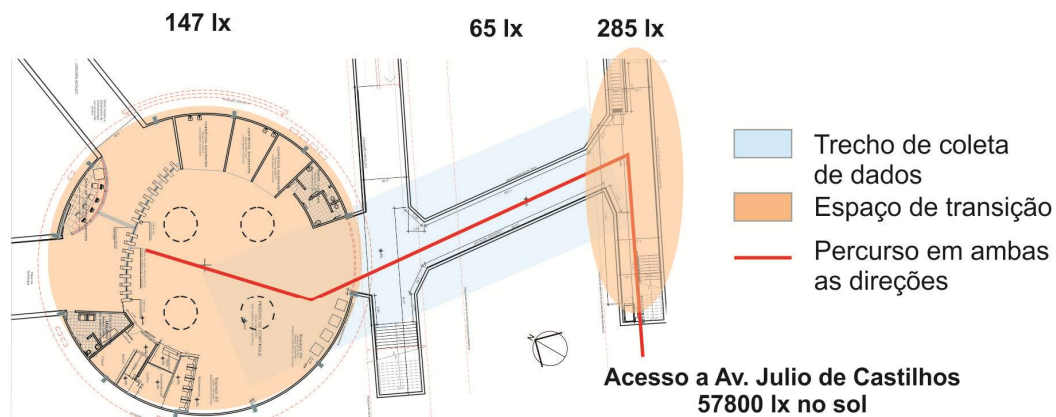
Acabamentos

piso de basalto, paredes e forro com reboco e pintura cinza

Dimensões | Pé direito: 2,46 m | Largura: 4,86 m | Comprimento do trajeto : 100,00 m

Fonte: Autora (2017)

**Quadro 8** - Levantamento de dimensões, sistema de iluminação, acabamentos, iluminâncias da passagem subterrânea da Estação Mercado



Local - Passagem Estação de trem Mercado

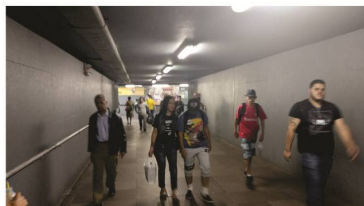
Data 29/08/2017

Céu aberto | 30°C

Tempo para realizar o percurso 1' 1"

Sistema de iluminação elétrica: Luminárias lineares de sobrepor com duas lâmpadas fluorescentes tubulares

Iluminação natural com quatro aberturas zenitais com fechamento de acrílico no espaço de transição



Iluminação elétrica



Espaço de transição com aberturas zenitais



Abertura zenital com fechamento de acrílico

Acabamentos

piso de basalto, paredes e forro com reboco e pintura cinza

Dimensões | Pé direito: 2,45 m Largura: 4,27 m | Comprimento do trajeto : 65,00 m

Fonte: Autora (2017)

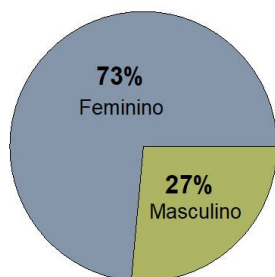
Analisando os dados do dia da medição, a iluminância encontrada no centro do percurso foi de 33 lux na passagem do Terminal Triângulo, 133 lux na passagem da Rodoviária e 65 lux na passagem do Mercado. Apenas a estação da Rodoviária está de acordo com a norma (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013), sendo que as demais estão com a iluminância consideravelmente abaixo.

Percebe-se ainda grande diferença de iluminância em locais imediatamente abaixo da luminária, onde os valores alcançam 324 lux, enquanto cerca de um metro ao lado, entre luminárias, a iluminância atinge um valor mais baixo, de 65 lux, como é o caso observado na passagem da Estação Mercado. A diferença torna-se extremamente brusca, por exemplo, no Terminal Triângulo no dia de sol em que foram realizadas as medições. O usuário passa de uma iluminância de 73200 lux na luz do sol da área externa para uma iluminância de 430 lux na escada de acesso e 33 lux no interior da passagem. Isso reforça a sensação de desconforto e de se estar em um local extremamente escuro.

A diferença de iluminância do exterior para o interior dos três locais analisados é acentuada, e a transição da superfície para o subterrâneo (ou vice-versa) é amenizada por algumas aberturas transparentes na lateral das escadas próximo das estações. Na saída da passagem da Estação Rodoviária para a Avenida Júlio de Catilhos, a transição acontece de forma severa - o usuário sai da passagem, com iluminância de 294 lux, para a superfície, com iluminância de 75300lux.

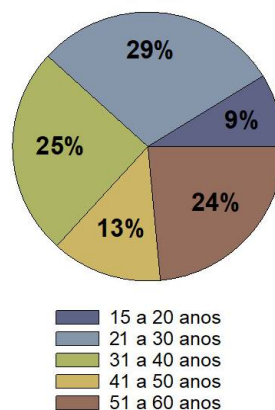
Após a realização do levantamento, prosseguiu-se com a aplicação dos questionários.

**Figura 121** - Gênero (%) total da amostra (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

**Figura 122** - Faixa etária (%) total da amostra (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

## 6.2.2 Questionários

Os questionários foram aplicados em três dias, entre as datas de 17 e 29 de agosto de 2017, cada dia em um local, mas com características de clima e horário semelhantes, conforme definição do protocolo, que indicava realizar os questionários em dias de sol para que houvesse maior contraste entre a iluminância do subterrâneo e da superfície.

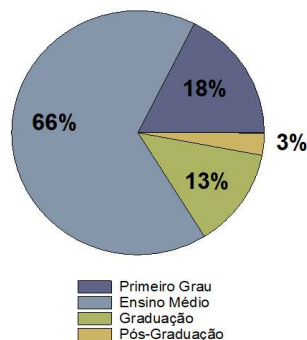
Isso se repetiu nas três estações, sendo a primeira na passagem subterrânea do terminal de ônibus Triângulo, dia 18/08/2017; depois na passagem subterrânea da estação de trem Rodoviária, dia 23/08/2017; e, em seguida, na passagem subterrânea da estação de trem Mercado, dia 29/08/2017, todas tendo o mesmo horário de início, às 15h.

A amostra ficou caracterizada por 68 voluntários, sendo 19 no Terminal Triângulo, 20 na Estação Rodoviária – entre eles uma comerciante - e 29 na Estação Mercado - sendo 11 deles comerciantes que passam entre cinco e oito horas diárias no local. Dos 68 usuários entre 15 e 60 anos, 73% se declararam do sexo feminino e 27% do sexo masculino (figura 121). Em todas as estações, a maioria dos respondentes se declarou do sexo feminino.

A faixa etária apresentou-se de forma bastante diversificada, como mostra a figura 122, na qual, dos 68 entrevistados, 29% têm entre 21 e 30 anos, seguidos de 25% dos usuários com idade entre 31 e 40 anos e, em terceiro, os usuários com idade entre 51 e 60 anos, compondo 24% das respostas.

O nível de escolaridade predominante nos três casos foi o Ensino Médio completo, com 66% (n= 68) dos usuários (figura 123). Em seguida, usuários com Ensino Fundamental, com 18% (n= 68), seguidos de Graduados, com 13% (n= 68), e Pós-Graduados como minoria, com apenas 3% (n= 68).

**Figura 123** - Grau de escolaridade (%) total da amostra (n= 68)

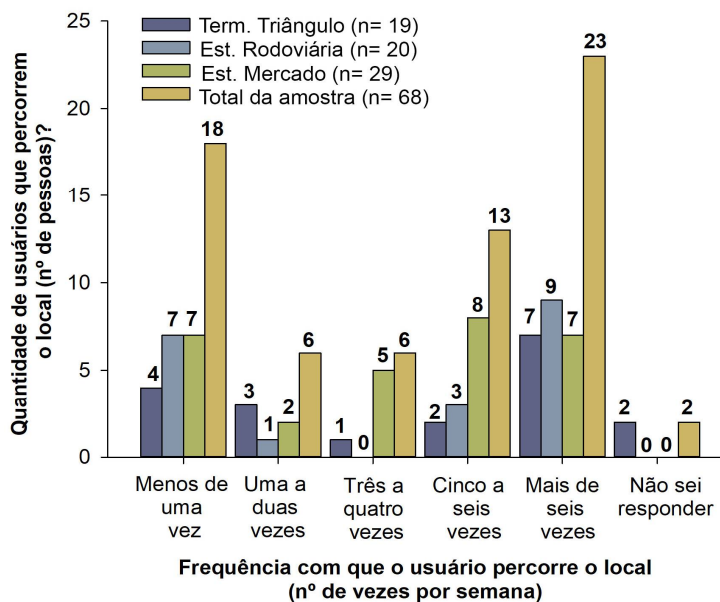


Fonte: Autora (2017)

Quando questionados sobre a frequência com que percorrem o local (figura 124), dos 68 respondentes, 33% afirmaram fazer isso mais de seis vezes na semana, seguido de 26% dos usuários que utilizam o local esporadicamente, menos de uma vez por semana.

No Terminal Triângulo, 36% (n= 19) dos respondentes afirmaram utilizar o local mais de seis vezes por semana. Por se tratar de um terminal de ônibus que conecta a zona norte de Porto Alegre com demais pontos da capital e de cidades vizinhas, é frequentado para trocas de ônibus por trabalhadores da cidade e de cidades vizinhas.

**Figura 124** - Resposta sobre a pergunta: Com que frequência você percorre este local? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

Na passagem da Estação Rodoviária, 45% (n= 20) dos usuários percorrem o local mais de seis vezes na semana e muitas



peças relataram passar diariamente não somente para utilizar o trem, mas também para evitar atravessar a via pela passarela na superfície, por sentirem mais segurança no espaço subterrâneo. A Rodoviária torna-se um importante ponto de ligação para quem circula a pé entre o centro e as demais cidades abastecidas pelos ônibus que chegam em Porto Alegre, por isso algumas pessoas a definiram como um local de atalho.

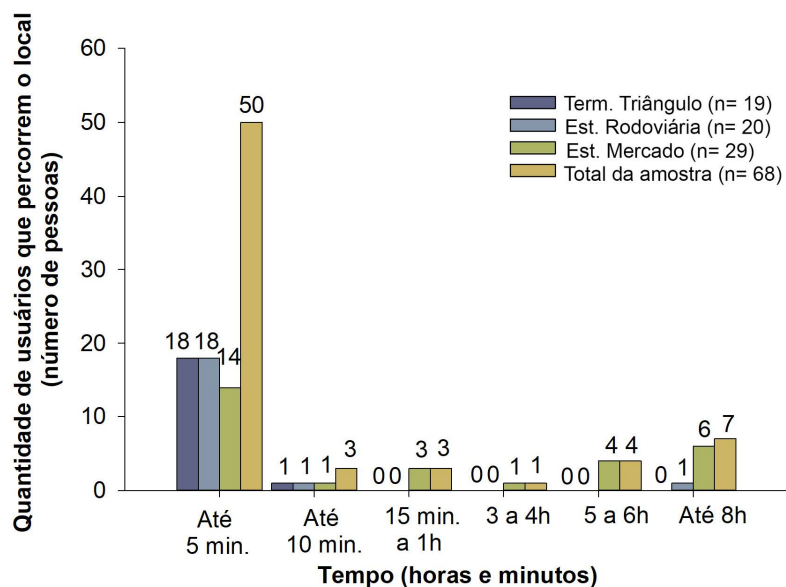
Na passagem do Terminal Triângulo ocorre fenômeno semelhante. Grande parte dos usuários utiliza a passagem subterrânea para atravessar a Avenida Assis Brasil, via de intenso fluxo de veículos que liga Porto Alegre a municípios como Cachoeirinha e Alvorada.

A passagem da Estação Mercado apresenta característica diferente. Conecta o centro de Porto Alegre unicamente ao trem, fazendo com que as pessoas frequentem o local com a finalidade exclusiva de usarem os serviços da Trensurb.

A questão sobre tempo de permanência no local foi tratada na presente dissertação como o tempo que excede uma hora. Ou seja, até uma hora no local considerou-se passagem, e acima de uma hora, permanência. A questão sobre permanência foi abordada de forma distinta para transeuntes e comerciantes. Para os transeuntes, o tempo de passagem é compreendido entre cinco minutos e uma hora, uma vez que há o tempo de espera para o meio de transporte ou o local é utilizado como ponto de referência para encontros. Para os comerciantes, foi utilizado o tempo de permanência de uma a oito horas. Portanto, a questão da figura 125 foi a única aplicada que distinguiu transeuntes, que passam minutos no local, dos comerciantes, que permanecem horas nesses ambientes subterrâneos.

Nos três espaços, 73% (n= 68) dos usuários permanecem até cinco minutos na passagem, o que não caracteriza os locais como ambientes de permanência. Na passagem da Estação Mercado, onde foram entrevistados 11 comerciantes, destacam-se as respostas em torno de cinco a seis horas e até oito horas por dia de permanência no local (figura 125).

**Figura 125** - Resposta sobre a pergunta: Quanto tempo você permanece neste local? (n= 68)

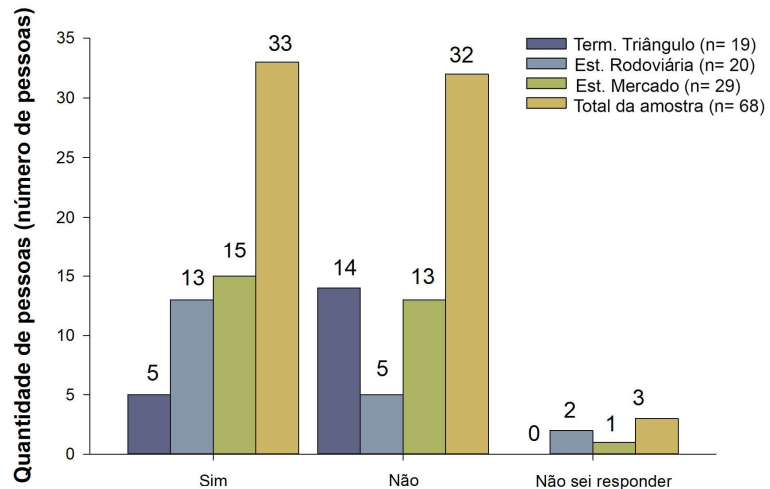


Fonte: Autora (2017)

Diversas pessoas relataram utilizar o local como ponto de encontro e de referência. Um usuário da Estação Mercado afirmou sentir falta de um "ambiente de estar" no local, uma vez que os serviços disponíveis são próprios para pessoas que estão de passagem, como caixa rápido, compras de chip para telefone e lancherias com poucos ou nenhum local para sentar, apenas para comprar comida e levar.

Questionados sobre gostar de frequentar o local (figura 126), dos 68 respondentes, 49% responderam afirmativamente, 47% disseram não gostar de frequentar o local e 4% não souberam responder.

**Figura 126** - Resposta sobre a pergunta: Você gosta de frequentar este local?  
(n= 68)



Fonte: Autora (2017)

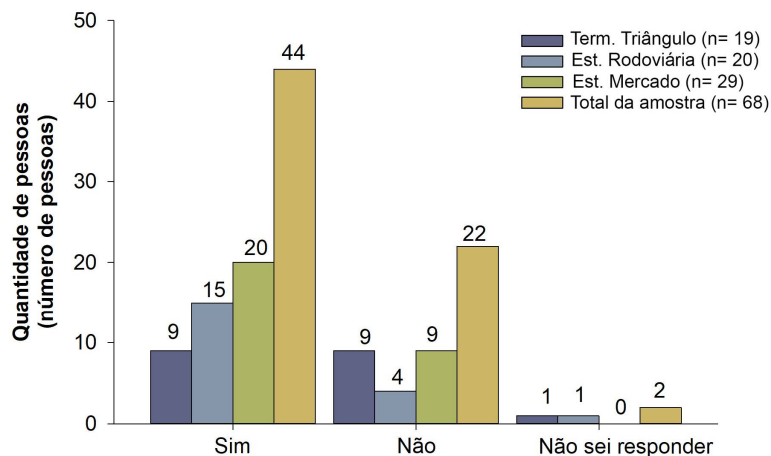
Na passagem do Terminal Triângulo, 74% (n= 19) dos usuários afirmaram não gostar de frequentar o local. Na passagem da Estação Rodoviária, 65% (n= 20) das pessoas afirmaram gostar de frequentar o local e várias delas disseram sentirem-se seguras. Na passagem da Estação Mercado, os valores ficaram semelhantes para a opinião negativa e positiva, sendo que apenas um comerciante afirmou não gostar de frequentar o local. Nessa estação, 51% (n= 29) dos usuários disseram gostar de frequentar o local. É possível que a aprovação por parte dos comerciantes, presentes em grande número na Estação Mercado, seja por ser seu local de trabalho e por haver movimento no comércio deste espaço.

No total, três pessoas ficaram em dúvida e não souberam responder. Um usuário afirmou nunca prestar atenção se gosta ou não do local, que se resume a um lugar onde passa por obrigação, de forma "automática".

A taxa de desaprovação ficou maior na passagem do Terminal Triângulo, possivelmente pela falta de manutenção e preservação do lugar, que, além de iluminação insuficiente, é sujo e constantemente alvo de vandalismo. Trata-se da única passagem estudada mantida pelo poder público.

Quando questionados sobre perceberem de onde vem a luz do local (figura 127), 65% (n= 68) afirmaram positivamente.

**Figura 127** - Resposta sobre a pergunta: Você consegue perceber de onde vem a luz do local? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

Na passagem do Terminal Triângulo, houve empate dos resultados, sendo que metade dos entrevistados percebeu de onde vinha a luz e outra metade não notou. Apenas uma pessoa não soube responder. Isso pode acontecer pelo fato de a luz elétrica do local acontecer de forma indireta, através de sancas no encontro da parede com o teto, que jogam a luz em direção ao forro curvo de forma suave e discreta. A iluminação natural é marcada nos acessos à superfície através das aberturas zenitais cobertas por um material acrílico azulado.

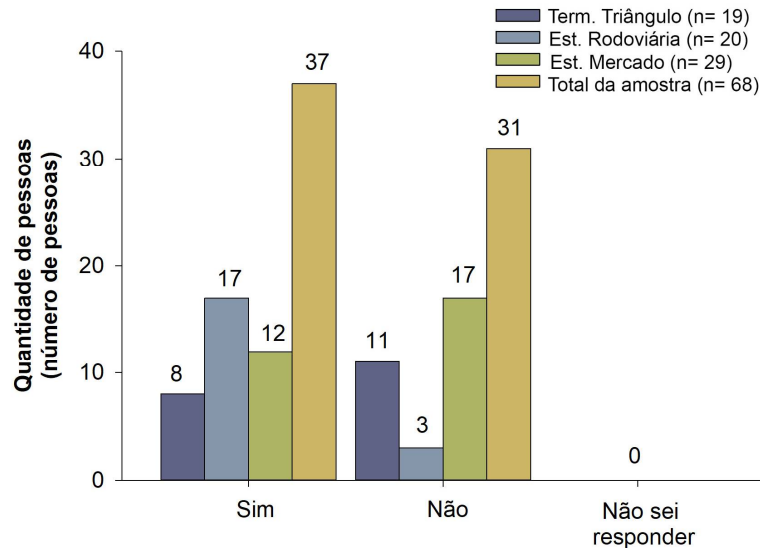
Já nas passagens das estações Mercado e Rodoviária, administradas pela mesma empresa, a Trensurb, a iluminação acontece de forma direta e pouco uniforme, com luminárias compostas por lâmpadas fluorescentes mantendo o mesmo espaçamento entre si e criando espaços de sombra nos intervalos entre elas. Nesses espaços, 75% (n= 20) dos usuários da passagem da Estação Rodoviária e 68% (n= 29) dos usuários da passagem da Estação Mercado disseram perceber de onde vem a iluminação. Alguns mencionaram a entrada da luz natural, destacando a importância da presença da mesma no recinto.

Na passagem da Estação Mercado, questionado sobre a iluminação, outro usuário extrapolou a resposta afirmando que a iluminação natural faz falta nas passagens, pois, segundo ele, traz segurança ao local. Para ele, a sensação ao utilizar a estação do Mercado era de querer sair do ambiente o mais rápido possível devido à falta de luz natural.

Na passagem da Estação Rodoviária, um usuário afirmou que, por ser um local de acesso, deveria estar mais iluminado. Nesse mesmo lugar, outro usuário disse perceber que há iluminação natural. Tais comentários reforçam a ideia de que a iluminação natural é importante no subterrâneo, bem como a presença de espaços de transição para a adaptação do sistema visual e, conseqüentemente, a percepção de forma positiva do espaço.

Associando os dois últimos gráficos, pode-se levantar a hipótese de que a pessoa, notando que há iluminação suficiente, percebe o local de forma positiva, conforme mostram os dados das figuras 126, 127 e, a seguir, a 128, que se refere à iluminação ser suficiente ou não (figura 128), em que 54% (n= 68) do total da amostra afirmou achar a iluminação do local suficiente para realizar as tarefas necessárias.

**Figura 128** - Resposta sobre a pergunta: Você acha a iluminação do local suficiente? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

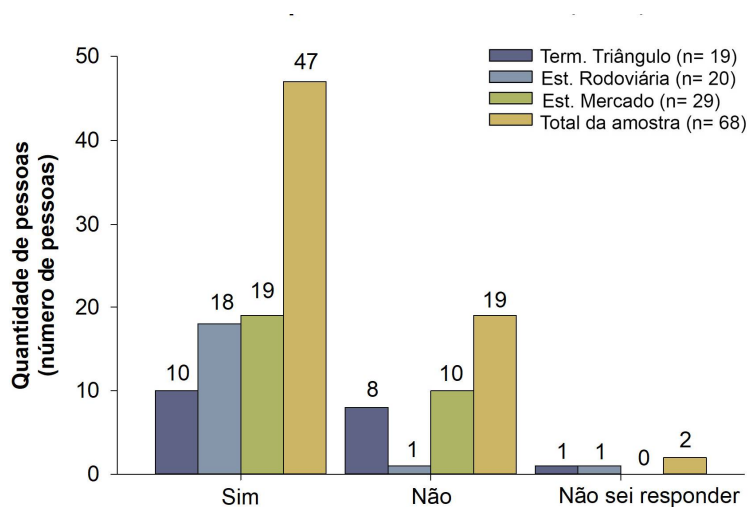
Na passagem da Estação Rodoviária, 85% (n= 20) dos usuários afirmaram achar suficiente, contra a maioria dos usuários das passagens da Estação Mercado e do Terminal Triângulo, 58% (n= 29) e 57% (n= 19), respectivamente, que disseram não considerar suficiente a iluminação do local.

As respostas dos usuários sobre a iluminação ser suficiente ou não condizem com as medições de iluminância levantadas. Na passagem da Estação Rodoviária, onde 85% (n= 20) dos usuários classificaram a iluminação de 133 lux como suficiente, a iluminância efetivamente estava em conformidade com a norma para áreas de circulação e corredores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), que exige a iluminância nessas áreas de 100 lux. Nas passagens da Estação Mercado e do Terminal Triângulo, onde a iluminação foi classificada como insuficiente por 58% (n= 29) e 57% (n= 19) dos

usuários, respectivamente, realmente a iluminância estava baixa em relação à norma, com valores de 65 lux no Mercado e 33 lux no Triângulo. A questão do gênero não foi determinante para essa resposta. O índice de reprodução de cor (IRC) é um fator importante presente na norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Para áreas de circulação, ele deve chegar a 40%, ou seja, um valor baixo. Não foi possível verificar o IRC do sistema de iluminação elétrica existente. Apenas foi levantada a percepção das pessoas sobre a fidelidade das cores.

Ao serem questionados sobre conseguirem perceber as cores dos objetos com clareza (figura 129), 69% (n= 68) dos usuários responderam perceber as cores dos objetos com clareza.

**Figura 129** - Resposta sobre a pergunta: Você consegue perceber as cores dos objetos e das pessoas com clareza? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

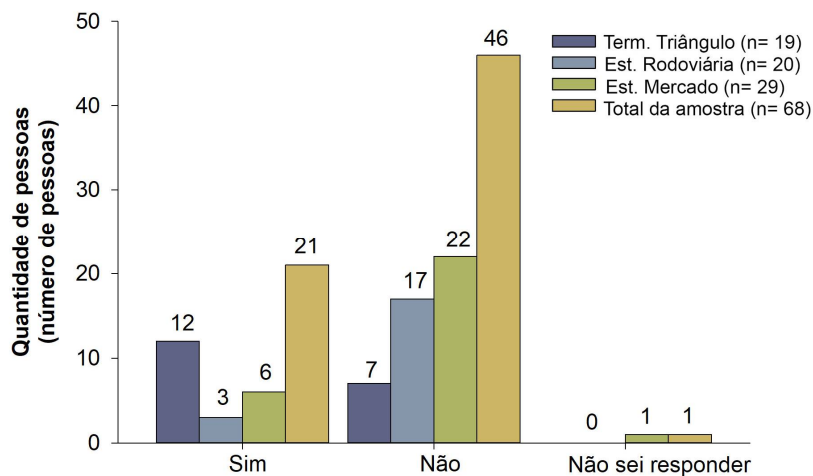
Deles, 90% (n= 20) dos usuários da passagem da Estação Rodoviária e 66% (n= 29) da passagem da Estação Mercado afirmaram perceber as cores com clareza, enquanto na passagem

do Terminal Triângulo a resposta foi mais equilibrada, sendo que 53% (n= 19) disseram perceber as cores com clareza. Dois entrevistados não souberam responder. A questão de gênero também não influenciou essa resposta.

No Terminal Triângulo, as lâmpadas são coloridas em tons de verde que modificam a percepção das cores reais do recinto (conforme foto do quadro 6), fator que certamente influenciou a resposta.

Sobre a sensação de medo ao utilizar um espaço subterrâneo (figura 130), 68% (n= 68) do total da amostra relataram não sentir medo.

**Figura 130** - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo lhe causa medo? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

Analisando cada passagem separadamente, 85% (n= 20) e 75% (n= 29) dos usuários da passagem na Estação Rodoviária e na Estação Mercado, respectivamente, afirmaram não sentir medo. Na passagem do Terminal Triângulo, ao contrário, 63% afirmaram sentir medo ao utilizarem o subterrâneo. Há fatores que podem



estar ligados a este sentimento, como a falsa sensação de que a escuridão inibe a segurança (INTERNATIONAL DARK SKY ASSOCIATION, 2017) ou a falta de guardas no Terminal Triângulo, uma vez que as estações Mercado e Rodoviária contam com guardas posicionados nas passagens. Além de não existirem guardas, não há qualquer tipo de atividade comercial em que pessoas permaneçam na passagem do Terminal Triângulo e, devido à forma da passagem, não se visualiza o caminho como um todo, criando uma situação de possível emboscada eminente para o usuário. Dos 12 comerciantes presentes nas passagens das estações Mercado e Rodoviária, 92% afirmaram não sentir medo ao utilizarem o espaço subterrâneo.

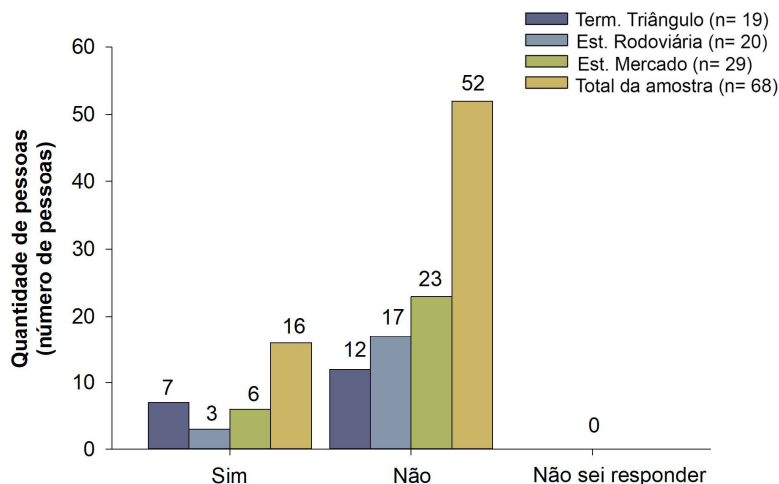
Verificando a questão de gênero, 38% (n= 50) das mulheres e 11% (n= 18) dos homens sentem medo ao utilizar as passagens. É uma porcentagem expressiva e pelo menos três vezes mais presente entre o sexo feminino.

Importante reforçar que em nenhum momento os voluntários mencionaram medo por estarem enterrados ou medo de colapso estrutural, sentimentos mencionados na revisão da literatura por usuários de subterrâneos em outros países. No trabalho em questão, o sentimento de medo está diretamente ligado à violência presente na cidade e aos assaltos frequentes relatados nos locais estudados. Este fator violência dificultou o andamento da pesquisa, por expor equipamentos como celular e instrumentos de medição (luxímetro e trena eletrônica), utilizados no levantamento, o que tornou necessário a presença de duas pessoas para sua realização – enquanto uma fazia as medições, a outra ficava em alerta para possíveis assaltos.

Na revisão da literatura, a sensação de estar enclausurado em um ambiente subterrâneo foi considerada um aspecto negativo apontada em diversos estudos realizados em países diferentes (CARMODY e STERLING, 1993; DURMISEVIC, 1999; DUFFAUT e LABBE, 2002; NARKHEDE e NANDE, 2010; GOEL, SINGH e ZHAO, 2012). Nos espaços subterrâneos estudados em Porto Alegre, a resposta da maioria dos usuários divergiu com a revisão.

Quando questionados sobre sentirem-se enclausurados, 76% (n= 68) dos respondentes afirmaram não sentirem-se enclausurados ao utilizarem os espaços subterrâneos estudados e apenas 24% (n= 68) afirmaram sentirem-se enclausurados, como é possível observar no gráfico da figura 131.

**Figura 131** - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo lhe causa sensação de estar enclausurado? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

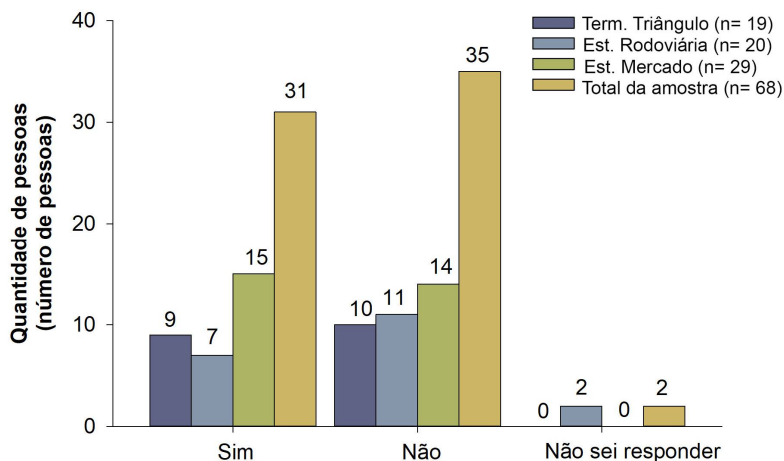
No grupo dos comerciantes, a sensação de enclausuramento também foi negada, uma vez que 83% das 12 pessoas que permanecem horas diárias no local afirmaram não sentir a sensação de enclausuramento causada por estarem no subterrâneo. Já no Mercado, um usuário foi enfático ao dizer que a sensação de estar preso e não ter para onde fugir era muito forte ao frequentar o local.

Isolando a questão do gênero, 30% (n= 50) das mulheres e 5% (n= 18) dos homens relataram a sensação de estarem enclausurados ao utilizarem as passagens subterrâneas. Novamente, a porcentagem de mulheres com tal resposta é expressiva se comparada aos homens.

Apesar disso, é interessante observar que a sensação de enclausuramento não foi percebida pelos usuários de maneira negativa, fator que pode estar relacionado à profundidade dos ambientes, que ficam apenas um nível abaixo da superfície e têm iluminação natural proveniente das zenitais e/ou janelas em alguns pontos.

Quando questionados sobre sentir a falta do contato com o exterior ao utilizar o subterrâneo (figura 132), as respostas dos usuários ficaram equilibradas, com 46% (n= 68) do total da amostra afirmando sentir falta de contato com o exterior, valor significativo.

**Figura 132** - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo lhe causa a sensação de falta de contato com o exterior? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

Apesar de não caracterizar a maioria da amostra na Estação Rodoviária e no Terminal Triângulo, a falta de contato com o exterior nas passagens subterrâneas analisadas foi sentida por uma quantidade expressiva de usuários, sendo 48% (n= 20) na Estação Rodoviária, 45% (n= 19) no Terminal Triângulo e 52% (n= 29) no Mercado (a maioria, neste caso).

**Figura 133** - Passagem da Estação Mercado



Fonte: Autora (2017)

**Figura 134** - Passagem da Estação Rodoviária



Fonte: Autora (2017)

**Figura 135** - Passagem do Terminal Triângulo



Fonte: Autora (2017)

A falta de contato com o exterior é percebida de forma negativa pela maioria na Estação Mercado, o que pode ocorrer devido ao fato de o local ter comerciantes que passam longas horas no subterrâneo. A maior parte dos comerciantes, 63% (n= 11), afirmou sentir falta de contato com o exterior. Os postos de trabalho na Estação Mercado localizam-se junto ao *hall* de acesso às catracas do trem, um lugar caracterizado pelo movimento intenso e pela iluminação natural tímida vinda das zenitais e das janelas laterais, além da iluminação elétrica fraca e com diversas falhas. Na figura 133, pode-se ver a passagem e ao fundo o *hall* onde localizam-se as áreas de comércio, porém muitas das janelas existentes foram fechadas e a iluminação elétrica não é uniforme.

Embora as zenitais presentes nas Estações Mercado e Rodoviária permitam a passagem da luz natural, o contato visual com o exterior é inexistente devido ao material e à sujeira acumulada. Já no Terminal Triângulo, a cobertura em acrílico, mais translúcida, permite enxergar melhor o exterior.

As figuras 133, 134 e 135 demonstram as passagens subterrâneas localizadas na Estação Mercado, Estação Rodoviária e no Terminal Triângulo, respectivamente. Pode-se observar que nesses pontos a iluminação elétrica é predominante e, não há contato com o exterior.

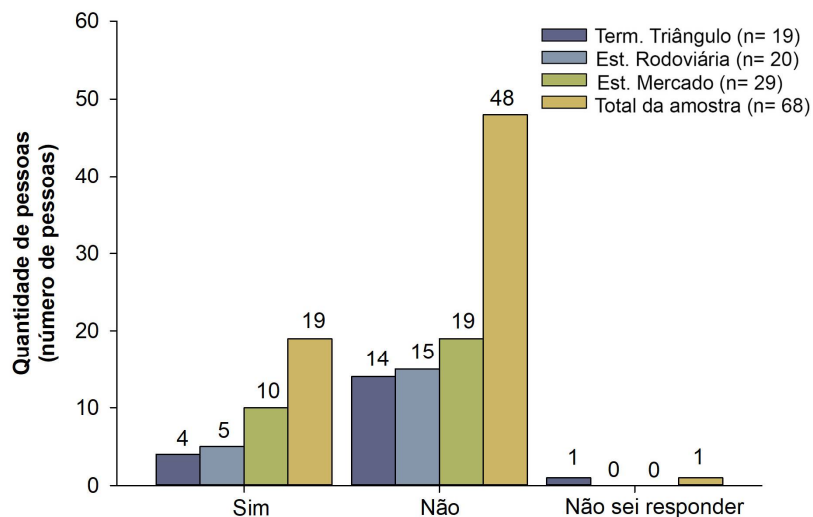
O resultado obtido nas questões das figuras 132 converge com a revisão da literatura, em que a falta de contato com o exterior é fortemente percebida pelos usuários de forma negativa (DURMISEVIC, 2002; NISHIDA, 2003; CARMODY e STERLING, 1993).

Nos exemplos mostrados anteriormente no Canadá, na França e no Brasil (quadro 1), são utilizadas como partido de projeto formas de proporcionar ao usuário contato com o exterior através de aberturas zenitais como claraboias, átrios, coberturas transparentes ou até mesmo recursos mais tecnológicos, como a transmissão ao vivo do que acontece no exterior do edifício subterrâneo através de projeção em telas e pilares, de modo a

amenizar essa sensação negativa e trazer maior conforto aos usuários.

Sobre o local ser percebido como interessante ou não, o total da amostra respondeu negativamente, com 71% (n= 68) das respostas, ou seja, 48 pessoas não consideram o ambiente subterrâneo que frequentam um local interessante (figura 136).

**Figura 136** - Resposta sobre a pergunta: estar no subsolo lhe causa a sensação de interesse, de ser um local de aventura? (n= 68)



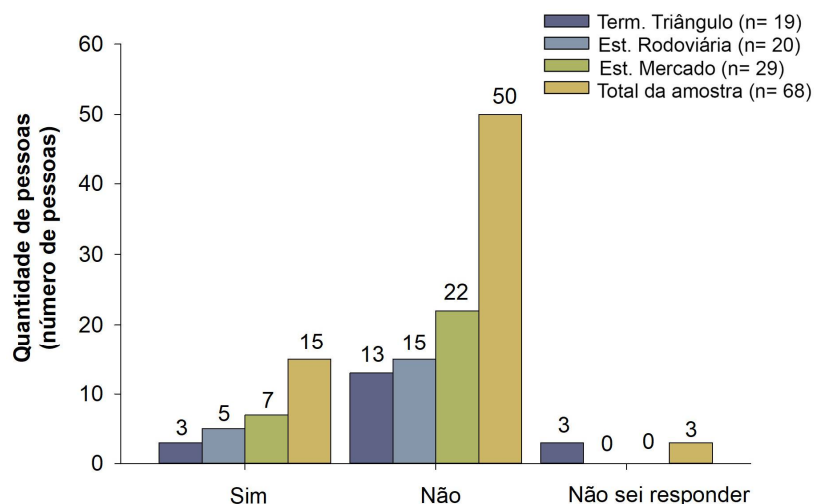
Fonte: Autora (2017)

Dos comerciantes questionados, 67% (n= 12) relataram não achar o local interessante. As respostas obtidas nos questionários divergiram das respostas do estudo-piloto, em que 41% (n= 123) dos usuários atribuíram ao subterrâneo a qualidade “interessante” (figura 117). Tal divergência pode ocorrer pelo fato de, no estudo-piloto, as pessoas lembrarem de locais que frequentaram nas férias, como estacionamentos de shoppings centers ou estações de metrô em outras cidades ou países, ou ainda por lembrarem de locais de melhor qualidade e, também, pela resposta estar sendo dada online e os respondentes não estarem submersos no

subterrâneo. O questionário após o estudo-piloto foi aplicado no momento em que as pessoas vivenciavam o local, com condicionantes como movimento, insegurança, frio ou calor.

Quando questionados sobre o local ser estimulante (figura 137), 74% (n= 68) do total da amostra não considerou o ambiente um local estimulante.

**Figura 137** - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo é estimulante? (n= 68)



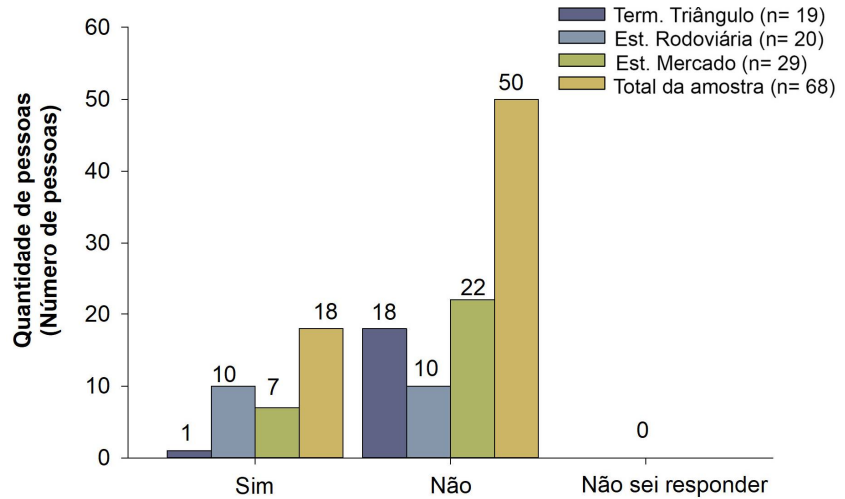
Fonte: Autora (2017)

Nas estações Rodoviária e Mercado e no Terminal Triângulo, as respostas foram negativas para 75% (n= 20), 76% (n= 29) e 68% (n= 19), respectivamente. A percepção dos comerciantes foi diferente, uma vez que 50% afirmaram considerar o ambiente subterrâneo um local estimulante para ser utilizado, contra 50% que disseram não achar o local estimulante.

O resultado diverge de alguns estudos que apontam o subterrâneo como um local estimulante, misterioso, de aventura, concentração e proteção (GOEL, SINGH e ZHAO, 2012; KIM e KIM, 2010; MAIRE e BLUNIER, 2006; CARMODY e STERLING, 1993; NARKHEDE e NANDE, 2010; DURMISEVIC, 1999).

Sobre o subsolo proporcionar sensação de segurança e proteção (figura 138), 74% (n= 68) responderam que não têm a percepção de segurança e proteção ao utilizarem um ambiente subterrâneo.

**Figura 138** - Resposta sobre a pergunta: Estar no subsolo lhe causa a sensação de segurança e proteção? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

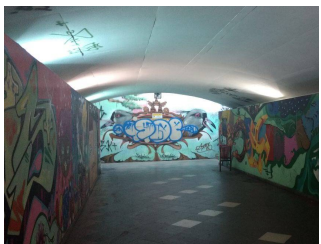
O resultado diverge da revisão da literatura sobre a questão segurança e proteção, talvez pelo significado que as palavras têm em cada lugar. Em Montreal, por exemplo, onde o subterrâneo é profundo e o clima no exterior é extremamente inóspito, tanto no inverno quanto no verão, o subterrâneo mantém a temperatura constante devido à inércia térmica, representando um local de proteção e segurança contra a neve, a chuva ou o calor intenso. Em Porto Alegre, os subterrâneos não tão profundos não mantêm a inércia térmica da mesma forma. As palavras “segurança” e

**Figura 139** - Interior da passagem no Terminal Triângulo demonstrando a falta de visualização do percurso.



Fonte: Autora (2017)

**Figura 140** - Outra imagem do interior da passagem no Terminal Triângulo demonstrando a falta de visualização do percurso e de quem está acessando o local.



Fonte: Autora (2017)

**Figura 141** - Imagem de ocorrência policial no entorno da Rodoviária



Fonte: Correio do Povo (2017)

“proteção”, na cidade do estudo de campo, são vinculadas ao fator violência, problema presente em Porto Alegre.<sup>23</sup>

No Terminal Triângulo, 95% (n= 19) das pessoas afirmaram não se sentirem seguras. O Terminal Triângulo não conta com qualquer tipo de controle realizado por guardas, e o transeunte não tem contato visual com as saídas laterais durante o percurso, o que reforça a sensação de falta de controle visual do local e insegurança. Lá também não há comércio ou pessoas frequentando o lugar por mais horas, o que caracteriza o ambiente como local de passagem e, em diversas horas do dia, menos frequentado. Como é possível ver nas figuras 139 e 140, o contato visual fica limitado pelas curvas da passagem e também pelo contraste forte de iluminância dentro do local, que pode variar de 29 lux abaixo do forro abobadado para 845 lux abaixo da abertura zenital.

Na Estação Rodoviária, 50% (n= 20) dos respondentes afirmaram se sentirem seguros e protegidos. Uma hipótese para isso é que a superfície no entorno da Rodoviária é estruturada por grandes vias de intenso movimento, afastando os pedestres e condicionando-os a calçadas estreitas e a uma passarela onde frequentemente ocorrem assaltos (cena de violência demonstrada na figura 141). É um lugar inseguro e as pessoas remetem à passagem subterrânea como um local de refúgio e proteção, sensação reforçada pela presença de guardas.

A passagem da Estação Mercado não foi considerada um local seguro e protegido por 76% (n= 29) dos usuários, bem como o total da amostra considerou as passagens ambientes inseguros. Essa resposta convergiu com a sensação de insegurança relatada por 67% (n= 12) dos comerciantes entrevistados.

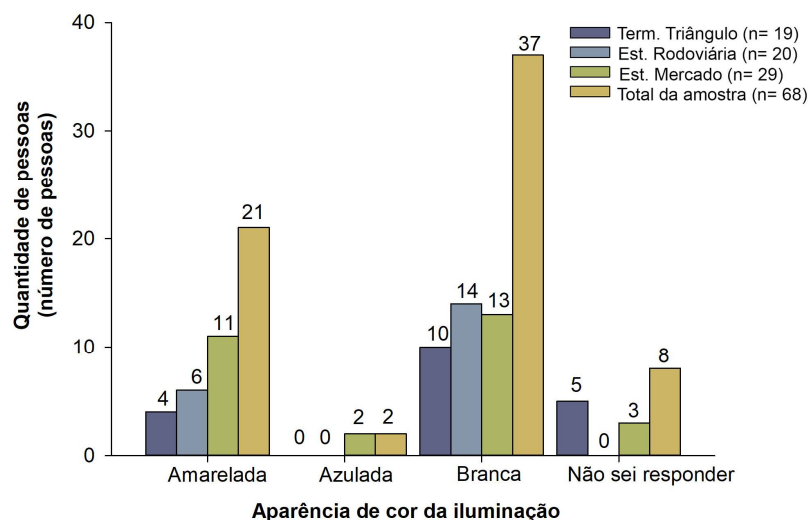
<sup>23</sup> Uma pesquisa do Instituto Cidade Segura realizada com 1000 moradores de Porto Alegre em outubro de 2017 informou que 77% dos moradores evitam sair a noite na cidade, além de 82,5% a considerarem bastante violenta (ROLIM, 2017). Na mesma data o jornal Correio do Povo noticiou que a violência na cidade é diária e que Porto Alegre é a terceira capital no Brasil com maior número de assassinatos - 64,5 a cada 100 mil habitantes (CORREIO DO POVO, 2017).



O problema da violência é conhecido em Porto Alegre e diariamente noticiado, de modo que torna-se grande preocupação para as pessoas ao utilizarem os espaços urbanos, desviando qualquer outro sentido de segurança e proteção que uma passagem subterrânea possa proporcionar, como segurança das intempéries, por exemplo.

Os usuários foram questionados quanto a sua percepção da aparência de cor da iluminação (figura 142). A pergunta foi realizada de forma fechada para definir se consideram a luz "amarelada", "branca", "azulada" ou "não sei responder".

**Figura 142** - Resposta sobre a pergunta: Considera a iluminação (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

Do total da amostra, 12% (n= 68) não souberam responder porque não compreenderam a questão, 54% (n= 68) qualificaram a iluminação do local como sendo branca, 31% (n= 68) caracterizaram a iluminação como amarelada e apenas 3% (n= 68) consideraram a iluminação azulada, essas últimas entrevistadas na Estação Mercado.

**Figura 143** - Passagem subterrânea no Terminal Triângulo



Fonte: Autora (2017)

**Figura 144** - Passagem subterrânea na Estação Rodoviária



Fonte: Autora (2017)

**Figura 145** - Passagem subterrânea na Estação Mercado



Fonte: Autora (2017)

Como é possível ver nas imagens 143, 144 e 145, na passagem da Estação Rodoviária as lâmpadas usadas foram de tonalidade neutra, com temperatura de cor de aproximadamente 4000K. Na passagem da estação Mercado, o padrão de organização e posicionamento segue o da Rodoviária, porém diversas lâmpadas de temperaturas de cor próximas aos 6000K estão instaladas, o que, junto com a pintura cor cinza das paredes, contribui para a percepção de aparência de cor "azulada" dos dois respondentes. Uma comerciante da passagem da Estação Mercado respondeu que identifica a diferença de tonalidade das luminárias, característica que não a agrada e passa a sensação de desordem.

Na figura 143, é possível identificar a iluminação do Terminal Triângulo com a aparência de cor predominante branca (temperatura de cor em torno de 4000K), mas com muitas lâmpadas coloridas em tons de verde e vermelho.

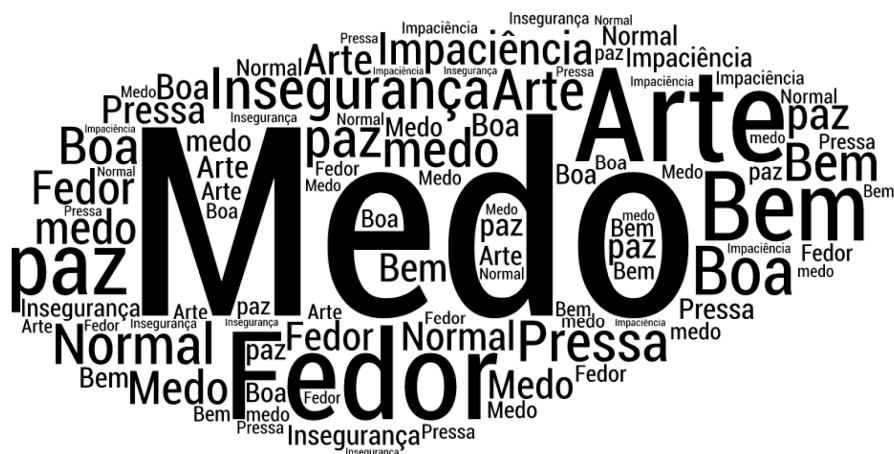
Já na passagem da Estação Rodoviária (figura 144), as luminárias compostas por duas lâmpadas fluorescentes tubulares cada estão instaladas no centro das passagens, seguindo um ritmo. As lâmpadas instaladas possuem aparência de cor uniforme, com temperatura de cor em torno de 4000K, e esse mesmo padrão é identificado na passagem da Estação Mercado (figura 145). Portanto, a percepção dos usuários converge com a iluminação instalada no local, de predominância branca (temperatura de cor em torno de 4000K).

A questão seguinte foi realizada de forma aberta, na qual o usuário teria de definir, em uma palavra, o ambiente subterrâneo que estava frequentando. Cada termo foi lançado no *software* gratuito Word Art e foi criada a nuvem de palavras com o total das respostas das três passagens.

O resultado destacado foi "medo", sendo 18% (n= 68) da amostra, ou seja, 12 pessoas. Desses 12 usuários que afirmaram sentir medo, 10 eram do sexo feminino, confirmando novamente que a sensação de medo ao utilizar o ambiente é maior entre as mulheres. Esta resposta diverge da questão da figura 130, em que, ao serem questionados sobre sentirem medo ao percorrer o local, 68% (n= 68) dos usuários responderam negativamente.



**Figura 147** - Nuvem de palavras do Terminal Triângulo referente às respostas da pergunta aberta (n= 19)



Fonte: Autora utilizando Word Art (2017)

Podendo utilizar qualquer palavra que vinha à mente, 53% (n= 19) dos usuários do Terminal Triângulo citaram "medo". Fica claro, na percepção das pessoas, que se trata de um local de passagem dotado de nenhuma vitalidade urbana. Uma hipótese seria que, havendo espaços para comércio e exposições no local, aumentaria a quantidade de pessoas permanecendo e trazendo a sensação de segurança.

Palavras como "insegurança", "pressa", "impaciência", "arte", "fedor", "normal" e "boa" também qualificaram o ambiente, com valores de 1% (n= 19) cada. O local é caracterizado pelas obras de grafite nas paredes, manchadas com pichações e outros atos de vandalismo.

Na passagem da Estação Rodoviária, a percepção foi totalmente contrária, sendo a palavra "segurança" a qualidade principal do ambiente, com 15% (n= 20) das respostas, reforçando a hipótese de que, devido ao entorno hostil da Rodoviária, a passagem é percebida como um refúgio onde as pessoas sentem-se seguras.



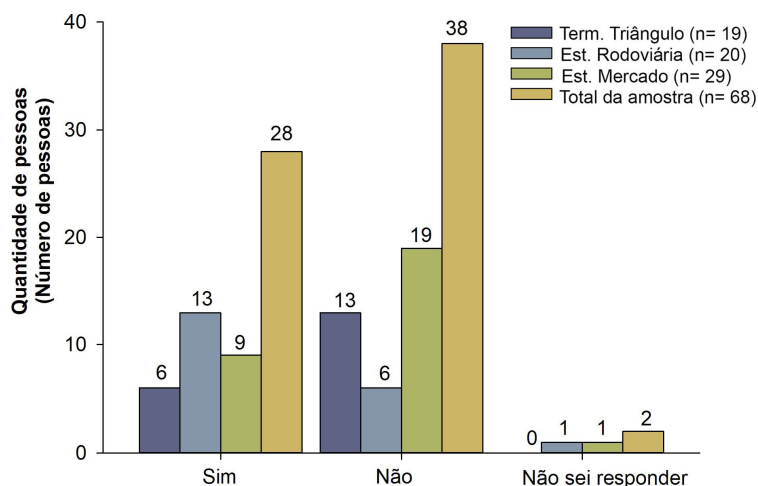


As seguintes questões foram de assinalar "sim", "não", "não sei responder" para as características do espaço subterrâneo que eram confrontadas com os opostos logo em seguida.

Fora utilizados os termos "agradável", "interessante", "alegre" e "claro" e seus respectivos opostos como "desagradável", "chato", "sombrio" e "escuro".

Questionados sobre considerarem o local agradável (figura 150), 56% (n= 68) do total da amostra afirmou que não considera o ambiente agradável.

**Figura 150** - Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente agradável?



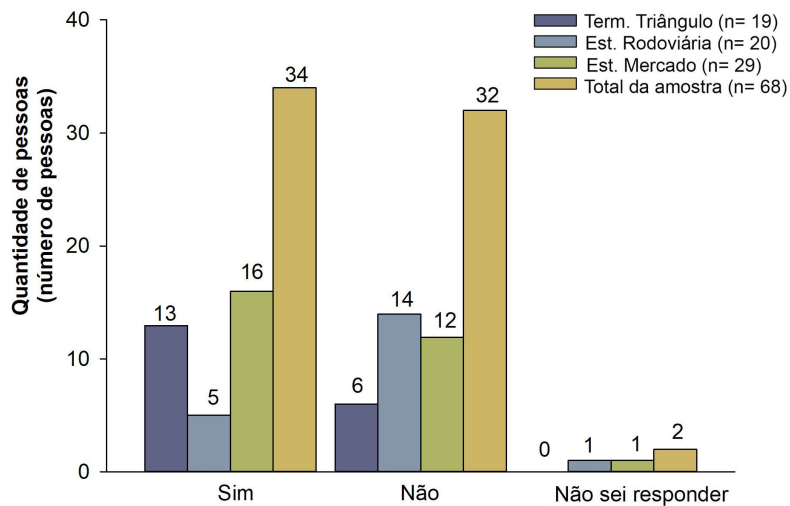
Fonte: Autora (2017)

Isso se repetiu no Terminal Triângulo, com 68% (n= 19) dos respondentes, e na Estação Mercado, com 66% (n= 29) de respostas afirmando não considerar o ambiente agradável. Na Rodoviária, 65% (n= 20) dos usuários disseram considerar o local agradável. Entre os comerciantes, a resposta afirmativa somou 67% (n= 12) dos entrevistados. Novamente, a Estação Rodoviária surge como espaço subterrâneo bem aceito pelo público, se

comparado aos demais estudados. Um usuário relatou o clima agradável no subterrâneo comparado com o exterior que no dia alcançava 29° C.

Quando o oposto foi questionado, se consideram o local desagradável (figura 151), 50% (n= 68) do total da amostra respondeu que considera o local desagradável.

**Figura 151** - Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente desagradável? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

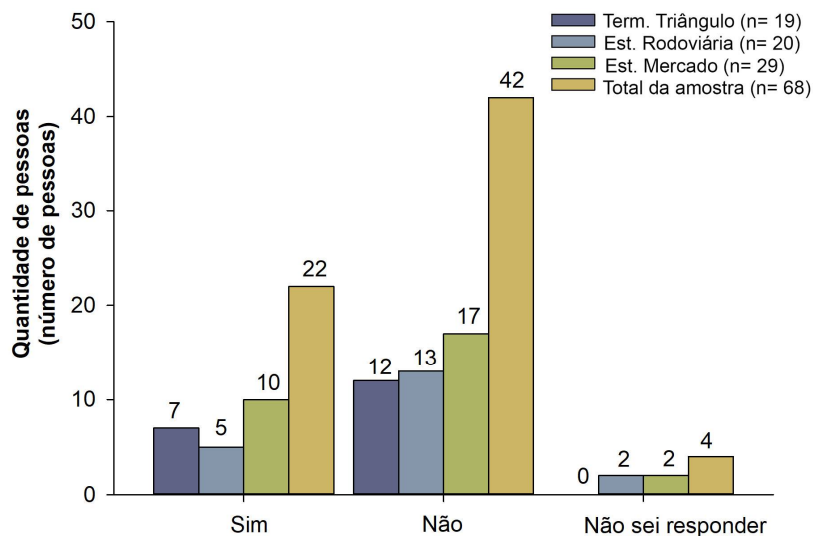
Na Estação Rodoviária, 70% (n= 20) responderam que não acham o local desagradável, novamente uma percepção oposta às duas outras estações em que os usuários confirmaram achar o local desagradável, com 55% (n= 29) na Estação Mercado e 68% (n= 19) no Terminal Triângulo. Entre os comerciantes, 75% (n= 12) relataram não achar o local desagradável. Considerando o total dos resultados, há semelhança com a revisão da literatura, mas diferença com o estudo dirigido, em que, na figura 117, a característica agradável como atribuição ao subterrâneo aparece



com 28% das respostas (n= 123) e a característica desagradável, com 24% (n= 123) das respostas.

Quando perguntado se os usuários consideram o local chato (figura 152), no sentido de ser inexpressivo e não ser interessante ou atrativo, 62% (n= 68) afirmaram que não consideram as passagens chatas.

**Figura 152** - Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente chato? (n= 68)



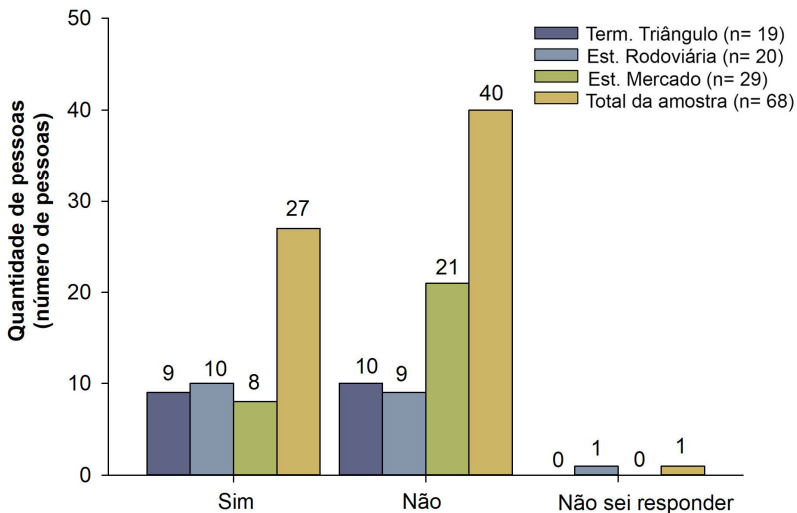
Fonte: Autora (2017)

Na figura 152, é possível ver que não somente a soma das respostas das estações, mas também em cada local, a resposta foi negativa para a questão, convergindo para a resposta dos comerciantes em que 75% (n= 12) deles afirmaram não considerar o local chato. Algumas pessoas relataram vivenciar muitas experiências e diversidade no local.

Questionados se consideravam o local interessante (figura 153), 59% (n= 68) responderam que não, coincidindo com as respostas

da pergunta na figura 123, em que 71% (n= 68) também responderam negativamente a mesma questão.

**Figura 153** - Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local interessante? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

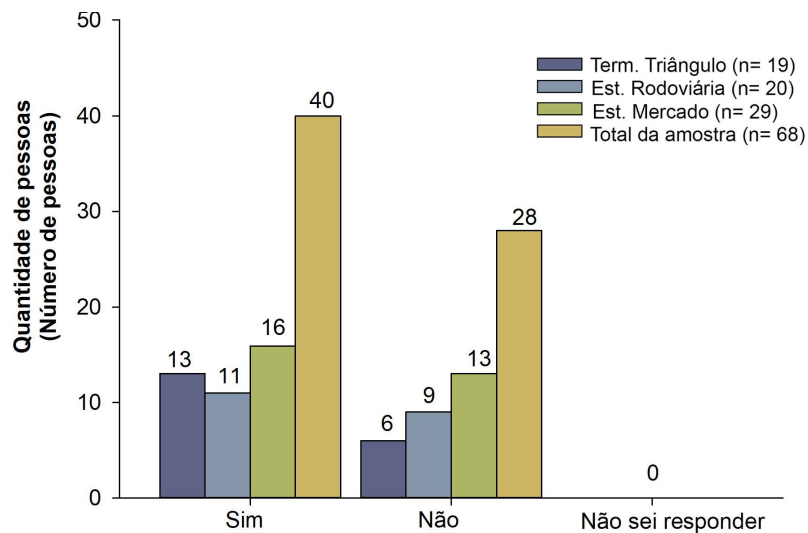
Ou seja, 59% (n= 68) do total da amostra não considera os locais interessantes, mas também 62% (n= 68) não as consideram chatas. Um respondente afirmou que não considera o local interessante e que nunca pensou sobre isso, apenas é um local que necessita passar na sua rotina.

Na Estação Mercado, 72% (n= 29) dos respondentes afirmaram não perceber o local como interessante. Em contrapartida, alguns usuários e comerciantes disseram que era a diversidade e a quantidade de pessoas que tornavam o local atrativo. No Terminal Triângulo, um transeunte destacou a arte nas paredes como fator que tornava o local interessante e menos monótono.

Quanto à questão de as passagens serem um local sombrio (oposto de alegre), 59% (n= 68) dos respondentes afirmaram que sim, conforme figura 154. Isolando as respostas dos

comerciantes, 50% (n= 12) deles disseram que consideram o local sombrio e 50% não consideram.

**Figura 154** - Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente sombrio? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

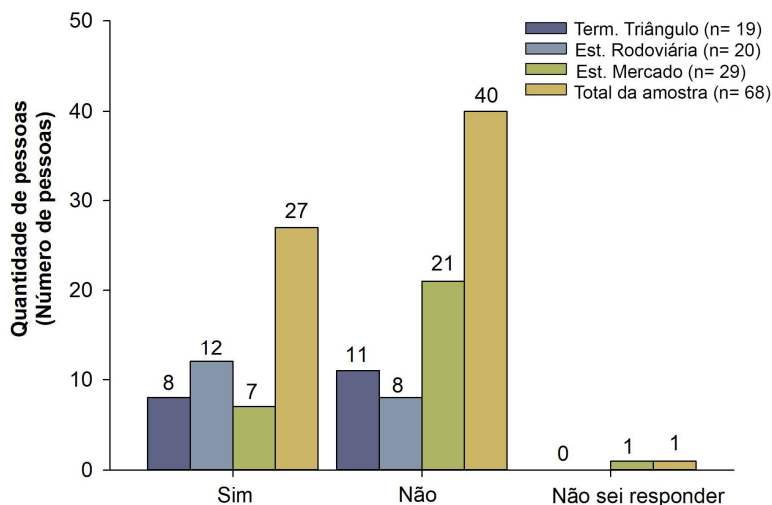
Os resultados da questão demonstram que a opinião dos usuários converge com a revisão da literatura e com as características atribuídas aos espaços subterrâneos na figura 117 do estudo-piloto, em que 43% (n= 123) atribuíram "sombrio" como característica negativa percebida em um ambiente subterrâneo.

A palavra "sombrio" pode ter sido usada de maneira equivocada nessa questão, remetendo a um ambiente escuro, mas na realidade a intenção era ter o sentido de um ambiente triste, não alegre.

Na questão da figura 154, não houve diferença entre as respostas de cada estação. Os três locais foram percebidos como ambientes sombrios pela maioria dos respondentes.

Ao serem questionados sobre o subterrâneo ser um local alegre (figura 155), 59% (n= 68) dos usuários responderam que não. Apenas na Estação Rodoviária 60% (n= 20) consideraram o local alegre. Na questão da figura 117 do estudo-piloto, a característica alegre não foi relevante, obtendo apenas 3% (n= 123) da totalidade das respostas.

**Figura 155** - Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente alegre? (n= 68)



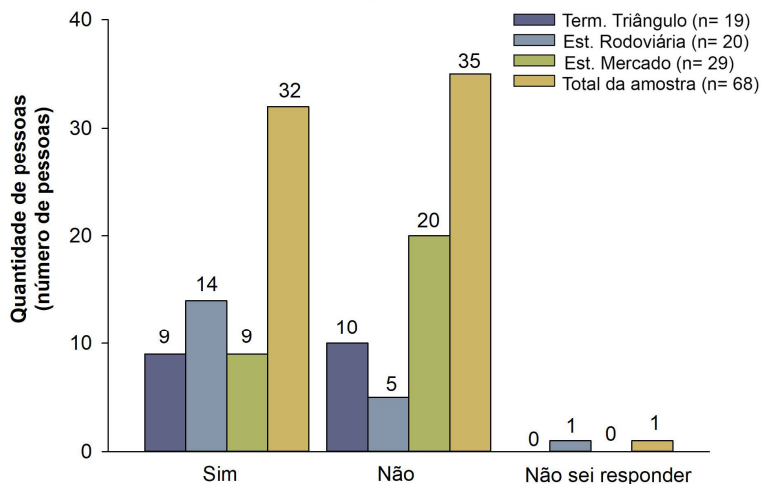
Fonte: Autora (2017)

A palavra alegre foi utilizada no questionário como oposta à palavra sombrio.

Quando questionados sobre o local ser claro (figura 156), a maioria da amostra respondeu negativamente, com 51% (n= 35) das respostas. Por outro lado, 47% (n= 32) do total da amostra considerou o ambiente claro. Na passagem da Rodoviária, novamente a resposta foi em maior parte positiva, sendo que 70% (n= 14) afirmaram considerar o local claro.

Os comerciantes ficaram empatados, sendo 50% deles compreendendo o local como claro e outros 50% considerando que não.

**Figura 156** - Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente claro? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

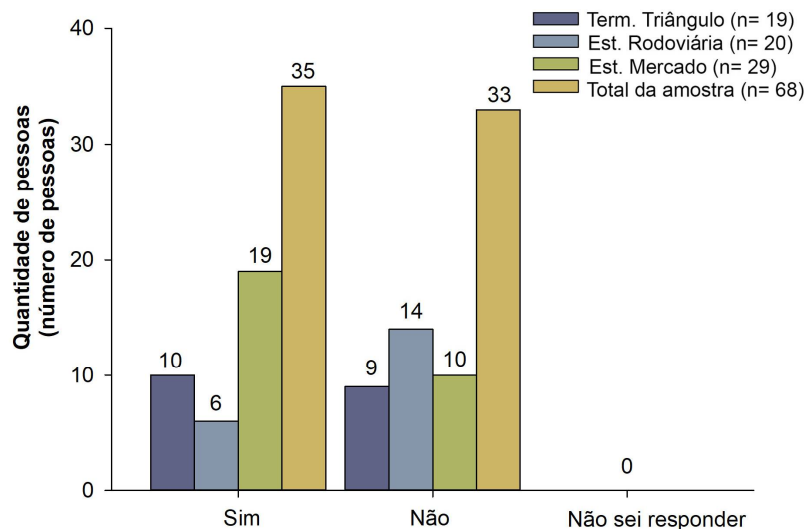
A serem questionados sobre considerarem o ambiente subterrâneo escuro (figura 157), as respostas foram coerentes com a revisão da literatura, trazendo percepção negativa dos ambientes subterrâneos - 51% (n= 68) dos respondentes consideraram o ambiente escuro. Apesar disso, 49% (n= 68) não consideraram o local escuro, valor considerável.

É possível ver na figura 157 que novamente a Estação Rodoviária teve respostas contrárias às demais estações, sendo que 70% (n = 20) dos entrevistados não consideram o ambiente escuro. A hipótese para essa resposta é que a iluminância do local esteja dentro dos padrões mínimos estipulados pela norma presente na tabela 1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). A iluminância nas demais passagens está abaixo do

mínimo exigido, fator que pode ser responsável pela percepção demonstrada nos gráficos.

Já entre os comerciantes, 58% (n= 12) consideram o local escuro, indo de encontro à resposta dada pelo total dos respondentes.


**Figura 157** - Resposta sobre a pergunta: Você considera esse local um ambiente escuro? (n= 68)



Fonte: Autora (2017)

A tabela 2, síntese das questões mostradas nas figuras 126, 128, 130 a 132, 136 a 138, 150 a 157 demonstra que a característica atribuída ao subterrâneo mencionada por 57% da amostra (n= 68) foi "sombrio", convergindo com a revisão da literatura e com a questão da figura 117 do estudo-piloto (DURMISEVIC, 1999). A característica "sombrio" foi utilizada como sendo o oposto de alegre, mas há uma hipótese de que as pessoas possam ter compreendido como um local sem claridade, uma vez que a característica escuro também foi observada nas passagens do Terminal Triângulo e na Estação Mercado e por 51% (n= 68) do total da amostra.

**Tabela 2** - Síntese das características atribuídas ao subterrâneo e em vermelho a marcação dos aspectos negativos apontados por mais de 50% dos usuários

	Passagem do Terminal Triângulo (n= 19)		Passagem da Estação Rodoviária (n= 20)		Passagem da Estação Mercado (n= 29)		Total da amostra (n= 68)	
	%	nº de pessoas	%	nº de pessoas	%	nº de pessoas	%	nº de pessoas
Total de respostas afirmativas								
Gosta de frequentar o local	26	5	65	13	52	15	49	33
Iluminação suficiente	42	8	85	17	41	12	54	37
Medo	63	12	15	3	21	6	31	21
Sensação de estar enclausurado	37	7	15	3	21	6	24	16
Falta de contato com o exterior	47	9	35	7	52	15	46	31
Interessante/local de aventura	21	4	25	5	34	10	28	19
Estimulante	16	3	25	5	24	7	22	15
Segurança e proteção	5	1	50	10	24	7	26	18
Agradável	32	6	65	13	31	9	41	28
Desagradável	68	13	25	5	55	16	50	34
Interessante	47	9	50	10	28	8	40	27
Chato	37	7	25	5	34	10	32	22
Alegre	42	8	60	12	24	7	40	27
Sombrio	68	13	55	11	52	15	57	39
Claro	47	9	70	14	31	9	47	32
Escuro	53	10	30	6	66	19	51	35
Legenda	 Percepção negativa do local para 50% ou mais dos usuários							

Fonte: Autora (2017)

Os resultados demonstraram que a maior parte dos usuários dos ambientes subterrâneos de Porto Alegre utiliza tais locais apenas para passagem, sendo que a maioria permanece menos de 5 minutos. Esse resultado converge com o estudo-piloto, em que na figura 119 os respondentes atribuíram 89% (n= 123) dos votos à locomoção como principal atividade a ser aceita nos ambientes subterrâneos.

As mesmas questões foram perguntadas de formas diferentes, para checar se o respondente realmente estava compreendendo o questionário. Com a tabela 2 fica claro perceber que as características negativas desagradável, sombrio e escuro foram apontadas por pelo menos 50% do total da amostra (n= 68) convergindo com dados da revisão da literatura. A iluminação suficiente apontada por 85% (n= 20) na passagem da Estação Rodoviária não foi afirmada pelos usuários das passagens do Terminal Triângulo e da Estação Mercado, que também mencionaram a característica escuro para tais lugares, reforçando a percepção da iluminação insuficiente nesses locais.

A passagem subterrânea da Estação Rodoviária foi percebida de forma positiva pelos usuários, obtendo características como "segurança e proteção", "agradável", "interessante", "alegre" e "claro" apontadas por mais de 50% da amostra (n= 20). Analisando rapidamente a tabela 2 é possível perceber que a passagem da Estação Rodoviária foi o local com menor número de aspectos negativos apontados e onde os aspectos foram afirmados por um número expressivo de usuários com porcentagens chegando a 65% (n= 20) para "agradável", 60% (n= 20) para alegre e 70% (n= 20) para claro.

A sensação de estar enclausurado, apontada frequentemente por estudos internacionais (NARKHEDE e NANDE, 2010; DURMISEVIC, 2002; NISHIDA, 2003; CARMODY e STERLING, 1993) não foi relevante no presente estudo. Já a falta de contato exterior, embora não mencionada por mais de 50% (n= 68) dos usuários, atingiu um valor expressivo, afirmando a percepção de tal sensação, convergindo com a revisão da literatura. A resposta para esses dois aspectos negativos não estarem sendo percebidos também pode estar ligada a profundidade sutil dos ambientes, que estão a apenas um pavimento abaixo da superfície. A resposta pode ser diferente ao se analisar um ambiente enterrado profundo.



## 7 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de ambientes subterrâneos de qualidade pode ser uma importante estratégia para 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 possui algumas limitações que impactam significativamente nas pessoas que os utilizam. Um dos principais aspectos a serem observados é a percepção do usuário daquele ambiente, além de características visuais e fisiológicas, de modo a preservar sua saúde e proporcionar um bem-estar psicológico.

Em diversos países os espaços subterrâneos são dedicados à permanência de pessoas por longas horas e até destinados à habitação, e há alguns condicionantes arquitetônicos que fazem com que sejam percebidos de forma positiva sendo a iluminação um dos mais relevantes. Apesar de o Brasil ser um país de grande extensão, há concentração populacional nas grandes cidades fazendo com que locais nobres na superfície pudessem ser liberados se certos usos fossem realocados para o subterrâneo. Essa também é a realidade de Porto Alegre, em que áreas centrais estão sendo utilizadas para estacionamentos ou grandes terminais de transporte desqualificando a paisagem urbana.

O desenvolvimento desse trabalho constatou que o projeto de espaços subterrâneos é pouco explorado na cidade e tem escassa literatura nacional, seja pelo investimento insuficiente realizado pelo poder público em projetos de ambientes enterrados ou pela falta de cultura na utilização dos mesmos.

Não há conhecimento de políticas de planejamento urbano que regulem ou estimulem a utilização de áreas abaixo da superfície, tanto no âmbito da cidade Porto Alegre como no do país, tornando seu uso ineficiente e muitas vezes restrito a ambientes de estacionamento.

Há um potencial subutilizado para compactar as cidades e torná-las mais sustentáveis, sendo urgente que sejam implementadas estratégias para projeto de ambientes subterrâneos que incentivem o seu planejamento integrado à superfície. Essa iniciativa deveria ser acompanhada de uma política de fiscalização, garantindo maior qualidade desses ambientes.

Além da falta de planejamento voltado a ambientes subterrâneos, poucas pesquisas referentes às respostas das pessoas para esses ambientes são realizadas. Estudos apresentados nesse trabalho apontam a iluminação como recurso eficiente para melhorar a percepção de tais espaços, e, já existem recursos com tecnologias avançadas para conduzir a luz natural às profundezas.

As questões que envolvem o projeto de um ambiente subterrâneo também devem abordar diversas disciplinas, englobando tanto soluções arquitetônicas quanto questões sociais, como a criminalidade e violência do contexto.

A visualização do percurso e iluminação adequada devem ser somadas a estratégias que aumentem a chamada vitalidade urbana, como por exemplo atrair os usuários com atividades comerciais.

Esse estudo foi motivado pela discussão levantada com a proposta da implantação do metrô na cidade, bem como pelo polêmico projeto de um grande estacionamento abaixo de importante espaço de lazer na cidade. Nas discussões públicas, pouco se sabia sobre como projetar para pessoas em espaços abaixo da superfície.

Os resultados do estudo de campo visam contribuir com reflexões e dados – mesmo que estatisticamente não significativos - sobre a forma que esses ambientes subterrâneos estão iluminados e como são percebidos por uma amostra de porto-alegrenses. Pela

ausência de espaços públicos em grande profundidade, o estudo limitou-se a áreas de um pavimento abaixo da superfície, onde foi possível identificar uma dualidade de percepções: medo, insegurança, um local escuro, sombrio e desagradável por um lado, mas também houve sensações positivas mencionadas, como um local tranquilo, seguro, divertido e relaxante.

A não percepção dos subterrâneos de pouca profundidade como locais enclausurados e a negação de incômodo pela falta de contato com o mundo natural por 51% (n= 68) do total da amostra não permite afirmar que a profundidade é fator decisivo para esse resultado, entretanto, a ampliação do tamanho da amostra e o estudo em locais mais profundos, semelhantes aos exemplos levantados na revisão da literatura – hoje inexistentes em Porto Alegre – poderiam esclarecer essa questão.

Os problemas sociais da cidade parecem afetar a percepção dos ambientes. Porto Alegre possui altos índices de assaltos, furtos e assassinatos, sendo considerada a terceira capital mais violenta do país. Esses dados são refletidos no comportamento da população e na percepção dos ambientes estudados. Algumas questões que tinham como ponto principal os ambientes enterrados acabaram resultando na violência como protagonista das respostas, onde o espaço enterrado ora servia de proteção contra os crimes, ora era percebido como local ameaçador e potencialmente perigoso.

O fator clima também parece influenciar a percepção dos usuários. Em locais com climas desérticos ou frios ao extremo, a aceitação do subterrâneo ocorre de forma mais natural, como mostra a revisão da literatura sobre locais como Montreal, no Canadá em que os subterrâneos são relacionados a proteção das intempéries. O estudo de campo realizado em Porto Alegre em dias quentes obteve respostas relatando a preferência do uso do subterrâneo pelo conforto térmico, indicando a importância de contextualizar os estudos sobre subsolos.

Apesar de a compactação das grandes cidades ser algo necessário e eminente, não se observa ainda o crescimento da cidade de Porto Alegre para baixo da superfície, uma vez que

pode ser difícil que pessoas habituadas a iluminâncias elevadas no ambiente externo permaneçam confortáveis depois longas horas enterradas. Diversos fatores podem influenciar na aceitação ou não das pessoas a continuarem nesses ambientes e estudos mais profundos de causa e efeito podem testar essa hipótese.

Como possibilidade de pesquisa futura, sugere-se a realização de um estudo com amostra maior, em locais mais profundos, com contextos semelhantes e, principalmente, em locais de permanência, onde as pessoas possam ter diferentes percepções sobre habitar o ambiente subterrâneo. Uma abrangência nacional, selecionando amostras de usuários nas principais capitais brasileiras seria mais revelador da percepção nacional com relação as formas de iluminar para qualificar esses espaços, dada a dimensão e diversidade climática do país.

Espera-se que a divulgação desse estudo, tanto no meio acadêmico quando para os responsáveis pela regulação do desenvolvimento da cidade, estimule uma reflexão crítica sobre a construção em solos, 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, também grande sensibilidade para lidar com aspectos subjetivos envolvidos no tema das arquiteturas enterradas.

## REFERÊNCIAS

ABUAUAD, R. Uma nova imagem para Les Halles. Tradução Camilla Sbeghen. **ArchDaily**, 21 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/757240/uma-nova-imagem-para-les-halles>>. Acesso em: 7 set. 2016.

ADOLPHO, R. [**Sem título**]. 2017. 1 fotografia.

ANELLI, R.; SEIXAS, A. Roberto McFadden: Arquitetura, cidade e transportes. **Revista AU**, São Paulo, n. 166, 2008. Disponível em: <<http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/166/artigo70732-2.aspx>>. Acesso em: 12 set. 2017.

ANGELIS, F. Passagens fantasma. **Brasília Concreta**, Brasília, 12 mar. 2015. Disponível em: <<http://brasiliaconcreta.com.br/passagens-fantasma/>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

AUDITÓRIO ARAÚJO VIANA. **Auditório Araújo Viana**. Porto Alegre, 2018. Disponível em: <<https://www.auditorioaraujovianna.com.br/fotos.php>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

ARNHOLD, A. [**Sem título**]. 2017. 1 fotografia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISSO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013. p. 7.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PEDESTRES. **Passarelas e passagens subterrâneas**: propostas. Joinville, 2000. Disponível em: <<http://www.pedestre.org.br/downloads/PASSARELAS%20E%20PASSAGENS%20SUBTERRANEAS.pdf>> Acesso em: 21 set. 2016.

AUDITÓRIO ARAUJO VIANNA. **Auditório Araújo Vianna**. Disponível em: <<http://www.auditorioaraujovianna.com.br/Apresentacao.php>>. Acesso em: 20 maio 2016.

BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylight Design of Buildings**. Londres: James & James, 2002. 250 p.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting in Architecture**: A European Reference Book. London: James & James, 1993. 380 p.

BARATTO, R. Sesc 24 de Maio de Paulo Mendes da Rocha e MMBB é inaugurado em São Paulo. **ArchDaily**, São Paulo, 21 ago. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/878078/sesc-24-de-maio-de-paulo-mendes-da-rocha-e-mmbb-e-inaugurado-em-sao-paulo>>. Acesso em: 28 set. 2017.

BESNER, J. The Sustainable Usage of the Urban Underground Space. In: ACUUS 2002 INTERNATIONAL CONFERENCE: URBAN UNDERGROUND SPACE: A RESOURCE FOR CITIES, 2002, Turim. **Proceedings...** Turim: Politécnico di Torino, 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/268397990\\_THE\\_SUSTAINABLE\\_USAGE\\_OF\\_THE\\_UNDERGROUND\\_SPACE\\_IN\\_METROPOLITAN\\_AREA](https://www.researchgate.net/publication/268397990_THE_SUSTAINABLE_USAGE_OF_THE_UNDERGROUND_SPACE_IN_METROPOLITAN_AREA)>. Acesso em: 3 maio 2016.

BESNER, J. Develop the underground space with a master plan or incentives. In: 11TH ACUUS CONFERENCE: "UNDERGROUND SPACE: EXPANDING THE FRONTIERS", 2007, Atenas. **Proceedings...** Atenas: National Technical University of Athens, 2007. p. 10-13.

BOBYLEV, N. Urban underground infrastructure and climate change: opportunities and threats. In: FIFTH URBAN RESEARCH SYMPOSIUM, 2009, Marselha. **Proceedings...** Marselha: World Bank, 2009. p. 28-30.

BOBYLEV, N. Mainstreaming sustainable development into a city's Master plan: A case of Urban Underground Space use. **Land Use Policy**, v. 26, n. 4, p. 1128-1137, out. 2009.

BOSCH, J. W. **De paradox van ondergronds bouwen**: meervoudig [ongelijk] eenvoudig. Delf: Delft University Press, 2003.

BOUBEKRI, M. **Daylighting Design**: Planning Strategies and Best Practice Solutions. USA: Birkhauser Architecture, 2014.

BOUCHET, B.; FONTOYNONT, M. Day-lighting of underground spaces: design rules. **Energy and buildings**, v. 23, n. 3, p. 293-298, 1996.

BOYCE, P. R. **Human Factors in Lighting**. 2 ed. London: Taylor and Francis, 2003, 584 p.

BOYCE, P.; HUNTER, C.; HOWLETT, O. **The Benefits of Daylight through Windows**. New York: Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute. Capturing the Daylight Dividend Program p. 8-31, 2003.

BRASIL, K. **Livro descreve as casas subterrâneas dos índios Kaingang**. Amazônia Real. 2015. Disponível em: <<http://amazoniareal.com.br/livro-descreve-as-casas-subterraneas-dos-indios-kaingang/>>. Acesso em: 1 out. 16.

BROERE, W. Urban Problems-Underground Solutions. In: 13TH WORLD CONFERENCE OF ACUUS: UNDERGROUND SPACE DEVELOPMENT- OPPORTUNITIES AND CHALLENGES, Singapura, 2012. **Proceedings...** Singapura: Research Publishing, 2012.

BROERE, W. Urban underground space: Solving the problems of today's cities. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 55, p. 245-248, 2016.

BUILDING DESIGN PARTNERSHIP. **Whitechapel Crossrail Station**. 2015. Disponível em: <<http://www.bdp.com/en/projects/p-z/whitechapel-crossrail-station/>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

CADILLAC FAIRVIEW. **Toronto Eaton Centre**. Toronto, 2016. Disponível em <[https://www.cadillacfairview.com/en\\_CA/retail-pages/cf-toronto-eaton-centre/gallery.html](https://www.cadillacfairview.com/en_CA/retail-pages/cf-toronto-eaton-centre/gallery.html)>. Acesso em: 25 abr. 2016.

CALLEJAS, A. Como fugir do frio em Montreal: um guia da maior rede de galerias subterrâneas do Canadá. **O Globo**, Rio de Janeiro, 13 mar. 2015. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/boa-viagem/como-fugir-do-frio-em-montreal-um-guia-da-maior-rede-de-galerias-subterraneas-do-canada-15575266>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

CANNELL, C. F.; KAHN, R. L. **Interviewing**: The handbook of social psychology. v. 2. Boston: Addison-Wesley, 1968. p. 70.

CARMODY, J.; STERLING, R. **Underground Space Design – A Guide to Subsurface Utilization and Design for People in Underground Spaces**. 1. ed. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1993.

CAVALCANTE, S.; MACIEL, R. H. **Métodos de avaliação da percepção ambiental**: Métodos de pesquisa nos estudos pessoa-ambiente. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2008. 181p.

CHOW, F. C. et al. Hidden aspects of urban planning: utilization of underground space. In: SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL STRUCTURE INTERACTION IN URBAN CIVIL ENGINEERING, 2002, Zurique. **Proceedings...** Zurique: Eidgenössische Technische Hochschule, 2002.

CONEXÃO PARIS. **O novo Les Halles.** 2016. Disponível em <<http://www.conexaoparis.com.br/2016/06/02/o-novo-les-halles/>>. Acesso em: 7 set. 2016.

COPÉ, S. M. A gênese das paisagens culturais do planalto sul brasileiro. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 29, n. 83, p. 149-171, 2015.

CORREIO DO POVO. Porto Alegre é a terceira capital com maior taxa de assassinatos por 100 mil habitantes. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 30 out. 2017. Disponível em: <<http://correiodopovo.com.br/Noticias/Policia/2017/10/632997/Porto-Alegre-e-a-terceira-capital-com-maior-taxa-de-assassinatos-por-100-mil-habitantes>> Acesso em: 8 abr. 2018.

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

DABARNO, J. **Place Ville Marie.** 2017. Disponível em: <<https://www.smashingpixel.com/blog/1528>> Acesso em: 17 jul. 2017.

DEELSTRA, T.; GIRARDET, H. Urban agriculture and sustainable cities. In: BAKKER, N. et al. (Eds.). **Growing cities, growing food: Urban agriculture on the policy agenda.** Feldafing: Zentralstelle für Ernährung und Landwirtschaft, 2000. p. 43-66.

ARCHDAILY. Em foco: Peter Zumthor. Tradução Victor Delaqua. **ArchDaily**, 26 abr. 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/601283/feliz-aniversario-peter-zumthor>> Acesso em: 5 dez. 2017.

DILLMAN, D. A. **Mail and telephone surveys: The total design method.** Nova Iorque: Wiley, 1978. P. 325.

DUFFAUT, P.; LABBE, M. From underground road traffic to underground city planning. In: In: ACUUS 2002 INTERNATIONAL CONFERENCE: URBAN UNDERGROUND SPACE: A RESOURCE FOR CITIES, 2002, Turim. **Proceedings...** Turim: Politécnico di Torino, 2002.



DURMISEVIC, S .Underground - the new frontier. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUALITY OF LIFE IN CITIES—ISSUES AND PERSPECTIVES, 1., Singapura, 1998. **Proceedings**... Singapura: National University of Singapore,1998.

DURMISEVIC, S. et al. Sustainability by strengthening the relation between the disciplines. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DURABILITY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS, 8., Vancouver, 1999. **Proceedings**... Vancouver: National Research Council Canada, 1999. v. 3.

DURMISEVIC, S. **Perception Aspects in Underground Spaces using Intelligent Knowledge Modeling**. 2002. 159 p. Thesis (PhD in Architecture)—Delft University of Technology, Delft, 2002.

EDELENBOS, J. et al. Strategic study on the utilization of underground space in the Netherlands. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 13, n. 2, p. 159-165, 1998.

EDILPORTALE. **Copertura z-shed**. 2017. Disponível em: <[http://www.edilportale.com/prodotti/zanon-prefabbricati/copertura-a-shed-per-edifici-prefabbricati/copertura-z-shed\\_1687.html](http://www.edilportale.com/prodotti/zanon-prefabbricati/copertura-a-shed-per-edifici-prefabbricati/copertura-z-shed_1687.html)>. Acesso em: 15 set. 2017.

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

FARINA, J. Metrô de Porto Alegre. **clicRBS**, Porto Alegre, 9 fev. 2015. Disponível em: <<http://wp.clicrbs.com.br/estamosemobras/category/metro-de-porto-alegre/?topo=52,1,1,,171,e171>>. Acesso em: 5 set. 2016.

FARINA, J. Prefeitura desiste de construir estacionamento subterrâneo no Parque da Redenção. **clicRBS**, Porto Alegre, 24 mar. 2015. Disponível em: <<http://wp.clicrbs.com.br/estamosemobras/2015/03/24/prefeitura-desiste-de-construir-estacionamento-subterraneo-no-parque-da-redencao/?topo=52,1,1,,171,e171>>. Acesso em: 05 set. 2016.

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

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário Aurélio Online**. 2012. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/>> Acesso em: 10 jan. 2018.

FIGUEIRO, M. G. Lighting for Alzheimer's care. In: CIE EXPERT SYMPOSIUM ON LIGHTING AND HEALTH, 2., 2006, Ottawa. **Proceedings...** Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage, 2006. p. 69-72.

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

FRANZ, E.; MARTAU, B. T. Percepção de conforto ambiental em espaços subterrâneos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., São Paulo, 2016. **Anais...** São Paulo: Associação Nacional do Ambiente Construído, 2016. p. 2907-2918. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016\\_paper\\_116.pdf](http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_116.pdf)>. Acesso em: 7 dez. 2017.

FROST & SULLIVAN. **World's top global mega trends to 2025 and implications**. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/polenerique33/frost-sullivan-worlds-top-global-mega-trends-to-2025-and-implications>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

GAETE, C. M. 20 estações de metrô surpreendentes. **ArchDaily**, 21 out. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/755727/20-estacoes-de-metro-surpreendentes>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

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

GELINSKI, G. Luiz Esteves Arquitetura: Estação Vila Prudente - fechamentos de vidro em estação de metrô. **Finestra**, São Paulo, n. 67., 2011. Disponível em <<https://arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/luiz-esteves-arquitetura-estacao-metroviaria-de-vila-prudente-sao-paulo>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. 192 p.
- GOEL, R. K.; SINGH, B.; ZHAO, J. **Underground infrastructures**: planning, design, and construction. 1. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012. 352 p.
- GOULDING, J.; LEWIS, J. O.; STEEMERS, T. C. **Energy in architecture**: the European passive solar handbook. Edição revisada. Londres: Batsford, 1992. 339 p.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Metrô - A arquitetura da linha 1 - Azul**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/tecnologia/arquitetura/linha-1-azul.aspx>> Acesso em: 4 set. 2016.
- GRAHN, P.; STIGSDOTTER, U. A. Landscape planning and stress. **Urban forestry & urban greening**, v. 2, n. 1, p. 1-18, 2003.
- GÜNTHER, H. **Como elaborar um questionário**. Brasília: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental, 2003. (Série Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, nº 1).
- GÜNTHER, I. A. **O uso da entrevista na interação pessoa-ambiente**: Métodos de pesquisa nos estudos pessoa ambiente. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2008. p. 53-74.
- HANSEN, E. **Chafariz no Largo Glênio Peres**. Wikimedia, 6 jun. 2013. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chafariz\\_no\\_Largo\\_Gl%C3%AAnio\\_Peres,\\_Por\\_to\\_Alegre,\\_Brasil\\_.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chafariz_no_Largo_Gl%C3%AAnio_Peres,_Por_to_Alegre,_Brasil_.JPG)>. Acesso em: 20 maio 2016.
- HARDER, B. Bright Lights, Big Cancer. **Science News**, v. 169, n. 1, p. 8, jan. 2006. Disponível em: <<http://www.sciencesnews.org/articles/20060107/bob9.asp>>. Acesso em: 1 jul. 2016.
- HELIOBUS. **Daylight Engineering**: A Passion Since 1999. St. Gallen, 2016. Disponível em: <<http://www.heliobus.com/en/light-engineering.html>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- HESSEN, M. Brasília esconde 'cidade' subterrânea feita de túneis, igrejas, teatros e um enorme cofre. **R7**, Brasília, 23 ago. 2015. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/distrito-federal/fotos/brasil-ia-esconde-cidade-subterranea-feita-de-tuneis-igrejas-teatros-e-um-enorme-cofre-23082015#!/foto/6>> Acesso em: 13 jan. 2016.
- HOBDAY, R. **The Light Revolution**: Health, Architecture and the Sun. Forres: Findhorn Press, 2007. 182 p.

INTERNATIONAL DARK SKY ASSOCIATION. **Lighting, crime and safety**. Tucson, 2017. Disponível em: <<http://www.darksky.org/light-pollution/lighting-crime-and-safety/>> Acesso em: 12 set. 2017.

KALIAMPAKOS, D.; BENARDOS, A. Underground space development: setting modern strategies. **Underground Spaces: Design, Engineering and Environmental Aspects**, v. 102, p. 1, 2008.

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

KON, N. Estação Vila Prudente / Luiz Esteves Arquitetura. **ArchDaily**, 26 jul. 2016. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/792048/estacao-vila-prudente-luiz-esteves-arquitetura>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

KOOLHAAS, R. The Terrifying Beauty of the Twentieth Century. In: KOOLHAAS, R.; MAU, B. **S,M,L,XL**. Nova Iorque: Monacelli Press, 1995. 1376 p.

KUIJSTERS, A. et al. Lighting to make you feel better: Improving the mood of elderly people with affective ambiances. **PLOS ONE**, v. 10, n. 7, p. e0132732, 2015. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0132732>>. Acesso em: 1 set. 2016.

KÜLLER, R. et al. The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments. **Ergonomics**, v. 49, n. 14, p. 1496-1507, nov. 2006.

KÜLLER, R.; WETTERBERG, L. The subterranean work environment: Impact on well-being and health. **Environment International**, v. 22, n. 1, p. 33-52, 1996.

LAM, W. **Perception and lighting as formgivers for architecture**. New York: McGraw-Hill, 1977.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/PROCEL, 2014.

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

LAZARSELD, P. F. The controversy over detailed interviews: an offer for negotiation. **Public opinion quarterly**, v. 8, n. 1, p. 38-60, 1944.

LECHNER, N. **Heating, cooling, lighting**: Sustainable design methods for architects. 4. ed. Nova Jérsei: John Wiley & Sons, 2014. 912 p.

LEGATES, T. A.; FERNANDEZ, D. C.; HATTAR, S. Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect. **Nature Reviews Neuroscience**, n. 15, p. 443-454, 2014. Disponível em: <<http://www.nature.com/nrn/journal/v15/n7/full/nrn3743.html>>. Acesso em: 1 set. 2016.

LES CATACOMBES. **Les catacombes**: Histoire de Paris. Paris, 2016. Disponível em: <<http://www.catacombes.paris.fr/es/catacumbas>>. Acesso em: 7 set. 2016.

LI, H. Q. et al. An integrated planning concept for the emerging underground urbanism: Deep City Method Part 1 concept, process and application. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 38, p. 559-568, set. 2013.

LI, H.; LI, X.; SOH, C. K. An integrated strategy for sustainable development of the urban underground: From strategic, economic and societal aspects. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 55, p. 67-82, maio 2016.

LIGHTEFX. **Natural sunlight delivery systems**. Melbourne, 2016. Disponível em: <<http://www.lightefx.com.au/natural-sunlight-delivery-systems/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

LOMHOLT, I. Wilhelminaplein Metro Station Rotterdam: Architecture. **E-architect**, Reino Unido, 6 fev. 2014. Disponível em: <<http://www.e-architect.co.uk/rotterdam/metrostation-wilhelminaplein>>. Acesso em: 20 maio 2016.

LYNES, J. A.; LITTLEFAIR, P. J.; SLATER, A. I. Preadaptation and manual Switching. In: RIGHT LIGHT, 4., Copenhagen, 1997. **Proceedings...** Copenhagen: 1997. v. 2. p. 219-224.

MACIEL, N. **[Sem título]**. 2016. 1 fotografia.

MAIRE et al. Underground planning and optimization of the underground resources' combination looking for sustainable development in urban areas. In: GOING

UNDERGROUND: EXCAVATING THE SUBTERRANEAN CITY, Manchester, 2006. **Proceedings...** Manchester: 2006. p 1-15.

MANZINI, E. J. **A entrevista na pesquisa social**. São Paulo: Didática, 1990. v. 26. p. 149-158.

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

MARTAU, B. T. **A luz além da visão**: iluminação e sua influência na saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre. 2009. 504 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Campinas, Campinas, 2009.

MAYHOUB, M.; CARTER, D. A feasibility study for hybrid lighting systems. **Building and Environment**, v. 53, p. 83-94, jul. 2012.

MELO, I. Trajeto do metrô de Porto Alegre até a FIERGS volta a ser discutido. **Zero Hora**, Porto Alegre, 19 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.

MCLAUGHLIN, M. Architectural Overview. **Montreal by Metro**, Montreal, 2016. Disponível em: <<http://metrodemontreal.com/index-e.html>>. Acesso em: 4 set. 2016.

MABB. **SESC 24 de maio**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.mmbb.com.br/projects/details/45/4>>. Acesso em: 4 ago. 2017.

MOHELNIKOVA, J. Tubular light guide evaluation. **Building and environment**, v. 44, n. 10, p. 2193-2200, 2009.

MONTREAL SOUTERRAIN. Carte Montreal Souterrain. Montreal, 2018. Disponível em: <<https://montrealsouterrain.ca/>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

MOURA, V. Estação Vila Prudente. **Galeria da Arquitetura**, São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/luiz-esteves-arquitetura\\_/estacao-vila-prudente/494](http://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/luiz-esteves-arquitetura_/estacao-vila-prudente/494)>. Acesso em: 17 nov. 2016.

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

NISHIDA, Y. The underground images in Japan, Korea and Indonesia. In: ACUUS CONFERENCE: "UNDERGROUND SPACE: EXPANDING THE FRONTIERS", 11., Atenas, 2007. **Proceedings...** Atenas: National Technical University of Athens, 2007. p. 169-174.

OAKLEY, G.; RIFFAT, S. B.; SHAO, L. Daylight performance of light pipes. **Solar Energy**, v. 69, n. 2, p. 89-98, 2000.

PAES, M. Paris subterrânea. **Planeta**, 21 mar. 2013. Disponível em: <<http://www.revistaplaneta.com.br/paris-subterranea/>>. Acesso em: 6 set. 2016.

PAIVA, D. O essencial do museu do Louvre: A nossa experiência com o guia do museu mais visitado do Mundo. **Nós no mundo**, 28 mar. 2015. Disponível em: <<http://www.nosnomundo.com.br/2015/03/o-essencial-do-museu-do-louvre-patricia-camargo/>>. Acesso em: 23 maio 2016.

PANORAMIO. **Triângulo Assis Brasil**. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.panoramio.com/photo/23723205>>. Acesso em: 1 nov. 2017.

PARANS. **Project Parans Solar Lighting**. Mölndal, 2016. Disponível em: <<http://www.parans.com/projects.cfm>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

PARIS LES HALLES. **Les halles, the new heart of Paris**. Paris, 2016. Disponível em: <<http://www.parisleshalles.fr/>> Acesso em: 6 set. 2016.

PARRIAUX, A. et al. **Projet Deep City**: ressources du sous-sol et développement durable des espaces urbains. 1. ed. Zurique: vdf Hochschulverlag AG, 2010.

PATRY-ROBITAILLE, C. Top 10 Des Plus Belles Salles De Spectacles Au Québec. **99scenes**, 1 mar. 2017. Disponível em: <<http://99scenes.com/top-10-plus-belles-salles-de-spectacles-quebec/>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

ARCHDAILY. Casa Claraboia - Andrew Burges Architects. Tradução Gabriel Pedrotti. **ArchDaily**, 21 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/756336/casa-claraboia-andrew-burges-architects>>. Acesso em: 16 set. 2017.

PINHEIRO, J. Q. Psicologia nos estudos ambientais: interdisciplinaridade, escala e comunicação. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PSICOLOGIA, 5., Maceió, 2007. **Anais...** Maceió: CRP-15, UFAL, 2007.

PINHEIRO, J. Q.; GÜNTHER, H. **Métodos de pesquisa nos estudos pessoa-ambiente**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2008. p. 396.

POA 24 HORAS. **Mercado Público de Porto Alegre**: Futuro duvidoso. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<http://www.poa24horas.com.br/mercado-publico-de-porto-alegre-futuro-duvidoso/>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

POYASTRO, L. C. Luz e cores. **Lume Arquitetura**, São Paulo, v. 80, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Metro de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/poametro/internas/Viabiliza/viabiliza.html>>. Acesso em: 20 maio 2016.

PROJETO MARCOZERO. **Marco Zero**. São Paulo, 2007. Disponível em: <<https://projeto-marcozero.wordpress.com/1/>>. Acesso em: 5 set. 2016.

PROVENCHER ROY. **5 Place Ville-Marie**: Building envelope replacement. Montreal, 2016. Disponível em: <<http://provencherroy.ca/en/projet/4494/>>. Acesso em: 20 maio 2016.

REA, M. S. **The IESNA lighting handbook**: reference & application. 9. ed. New York: IES, 2000. 1000 p.

REYNOLDS, E.; REYNOLDS, P. Planning for underground spaces NY-Lon underground. In: ADMIRAAL, H. (Ed.). **Think Deep**: Planning, Development and Use of Underground Space in Cities. Países Baixos: ITACUS, ISOCARP, 2015. p. 6-33.

RIVLIN, L. G. Olhando o passado e o futuro: revendo pressupostos sobre as inter-relações pessoa-ambiente. **Estudos de Psicologia (Natal)**, Natal, v. 8, n. 2, p. 215-220, maio/ago. 2003.



RODRIGUEZ, A. "Arranha-infernos": a casa enterrada de Fernando Higueras. Tradução Romullo Baratto. **ArchDaily**, 9 dez. 2016. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/801004/arranha-infernos-a-casa-enterrada-de-fernando-higueras>>. Acesso em: 8 ago. 2017.

ROLIM, M. (Org.). **1ª Pesquisa de Vitimização em Porto Alegre**. Porto Alegre: Instituto Cidade Segura, 2017. Disponível em: <[https://docs.wixstatic.com/ugd/433226\\_1311d3d412114adbb7c8ca7fee800a12.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/433226_1311d3d412114adbb7c8ca7fee800a12.pdf)>. Acesso em: 8 abr. 2018.

ROSENFELD, K. Kengo Kuma vence concurso para projetar uma estação de metrô em Paris. Tradução Romullo Baratto. **ArchDaily**, São Paulo, 27 mar. 2015. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/764375/kengo-kuma-vence-concurso-para-projetar-uma-estacao-de-metro-em-paris>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

RUMMEL, J. F. **Introdução aos procedimentos de pesquisa em educação**. 4. ed. Porto Alegre: Globo, 1981. p. 354.

RYBCZYNSKI, W. **Home**: A short history of an idea. New York: Penguin Books, 1987. 272 p.

SALLES, R. Por dentro do Sesc 24 de maio. **SP 24 Hrs**, São Paulo, 25 ago. 2017. Disponível em: <<https://sp24hrs.com.br/2017/08/25/sesc-24-de-maio/>>. Acesso em: 28 set. 2017.

SCHULER, R. Usuários apontam os sete problemas do Terminal Triângulo. **Diário Gaúcho**, Porto Alegre, 18 maio 2016. Disponível em: <<http://diariogaucho.clicrbs.com.br/rs/dia-a-dia/noticia/2016/05/usuarios-apontam-os-sete-problemas-do-terminal-triangulo-5803926.html>>. Acesso em: 6 nov. 2017.

SHCHEPETKOV, Nikolai. Energy Efficiency in Architecture: a Technical Obstacle or a Chance to Find new Forms?. **MATEC Web of Conferences**, v. 73, n. 06002, 2016.

SIMON, G. Estacionamento subterrâneo do Ramiro Souto tramita na Prefeitura. **Porto Imagem**, Porto Alegre, 6 jun. 2011. Disponível em: <<https://portoimagem.wordpress.com/2011/06/06/estacionamento-subterraneo-do-ramiro-souto-tramita-na-prefeitura/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SIMON, G. Parque da Redenção poderá ter estacionamento subterrâneo. **Porto Imagem**, Porto Alegre, 17 ago. 2010. Disponível em: <<https://portoimagem.wordpress.com/2010/08/17/parque-da-redencao-podera-ter-estacionamento-subterraneo/>>. Acesso em: 20 maio 2016.

SMITH, G. B. Materials and systems for efficient lighting and delivery of daylight. **Solar energy materials and solar cells**, v. 84, n. 1, p. 395-409, 2004.

SOLIS, J. **New York underground**: the anatomy of a city. New York: Routledge, 2005. 296p .

SOMMER, R. **Personal Space**: The Behavioral Basis of Design. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1969. 176 p.

SOMMER, R. **Tight spaces**: Hard architecture and how to humanize it. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1974.150 p.

SOMMER, B.; SOMMER, R. **A practical guide to behavioral research**: Tools and techniques. Oxford: Oxford University Press, 1991. 400 p.

SOUSA, S.; ABASCAL, E. H. S. Estações de metrô em São Paulo: Mediações e diálogos na resignificação do lugar. **Arquitextos**, São Paulo, ano 15, n. 171.00, ago. 2014 . Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.171/5287>>. Acesso em: 16 maio 2016.

STIGSDOTTER, U.; GRAHN, P. What makes a garden a healing garden. **Journal of Therapeutic Horticulture**, v. 13, n. 2, p. 60-69, 2002.

STOKKERMANS, M. G. et al. Effect of daylight on atmosphere perception: comparison of a real space and visualizations. In: HUMAN VISION AND ELECTRONIC IMAGING, 20., San Francisco, 2015. **Proceedings...** Bellingham: SPIE, 2015. p. 939400.

STOLFI, G. Percepção visual humana. **Percepção Visual**, São Paulo, abr. 2008. Disponível em: <[http://www.lcs.poli.usp.br/~gstolfi/mack/Ap2\\_PercepVisual\\_M8.pdf](http://www.lcs.poli.usp.br/~gstolfi/mack/Ap2_PercepVisual_M8.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2017.

SUNPORTAL. **Sunportal**. Busan, 2016. Disponível em: <<http://thesunportal.com/eng/>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

SIGMA PLOT. **Sigma Plot Exact Graphs and Data Analysis**. 2018. Disponível em: <<http://www.sigmaplot.co.uk/products/sigmaplot/sigmaplot-details.php>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

TAENGCHUM, T., CHIRARATTANANON, S., EXELL, R. H., & CHAIWIWATWORAKUL, P et al. Tracing of daylight through circular light pipes with anidolic concentrators. **Solar Energy**, v. 110, p. 818-829, dez. 2014.

THE LOW LINE. **Low line**. Nova Iorque, 2016. Disponível em: <<http://thelowline.org/>>. Acesso em: 04 set. 2016.

TILLER, D. K. Toward a deeper understanding of psychological aspects of lighting. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 19, n. 2, p. 59-65, verão 1990.

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

VAN DYKE BINGHAM, W.; MOORE, B. V.; GUSTAD, J. W. **How to Interview**. New York: Harper, 1959. 277 p.

VEITCH, J. A. Psychological processes influencing lighting quality. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 30, n. 1, p. 124-140, inverno 2001.

VEITCH, J. A. et al. Lighting appraisal, well-being and performance in open-plan offices: A linked mechanisms approach. **Lighting Research and Technology**, v. 40, n. 2, p. 133-151, 2008.

VEITCH, J. A. et al. Integrated photometric descriptors for lighting quality research and recommendations. In: COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE SESSION, 24., 1999, Varsóvia. **Proceedings...** Viena: Commission Internationale de L'eclairage Central Bureau, 1999.

VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade ambiental na habitação-avaliação pós-ocupação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 400 p.

VITRUVIUS. **Ten books on Architecture**. Tradução M. H. Morgan. Nova Iorque: Dover Publications, 2002. v. 1, cap. 2, p. 13-16.

WAPNER, S.; DEMICK, J. The increasing contexts of context in the study of environment behavior relations. In: BECHTEL, R. B.; CHURCHMAN, A. (Eds.). **Handbook of environmental psychology**. Hoboken: Wiley, 2002. p. 3-14.

WORD ART. **Word Art**. Disponível em: <<https://wordart.com/>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

YAREMKO, R. M. et al. **Handbook of research and quantitative methods in psychology**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1986. p. 366.

YLINEN, J. Spatial planning in subsurface architecture. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 4, n. 1, p. 5-9, 1989.

ZHAO, J. W. et al. Advances in master planning of urban underground space (UUS) in China. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 55, p. 290-307, 2016.

ZHAO, J; KÜNZLI, O. An introduction to connectivity concept and an example of physical connectivity evaluation for underground space. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 55, p. 205-213, 2016.

ZONNEVELDT, L.; ARIES, M. B. C. Application of healthy lighting in working place. In: HEALTHY LIGHTING ... AT WORK AND AT HOME, FOR INCREASING WELL BEING, COMFORT AND PERFORMANCE, Eindhoven, 2002. **Proceedings...** Eindhoven: Light & Health Research Foundation, 2002.

ZUMTHOR, P. **Atmospheres**. Basel: Birkhäuser, 2006. 75 p.

## APÊNDICE A - ESTUDO-PILOTO

Questionário de avaliação da percepção de espaços subterrâneos realizado através da ferramenta Google Formulários

### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ARQUITETURA - PROPAR 2016

PERCEPÇÃO DO AMBIENTE SUBTERRÂNEO

**Você já frequentou algum ambiente subterrâneo?**

Estação de metrô, centro de compras, estacionamento...

- Sim  
 Não

**Que tipo de ambiente era esse? Em qual cidade?**

Metrô, centro de compras, estacionamento...

**Quais foram as suas primeiras impressões/sensações ao entrar em um ambiente subterrâneo?**

Marcar quantos itens forem necessários

- Ambiente agradável  
 Ambiente desagradável  
 Ambiente chato  
 Ambiente interessante  
 Ambiente sombrio  
 Ambiente alegre  
 Ambiente claro  
 Ambiente escuro  
 Não sei responder

**Se você tivesse que marcar o aspecto mais importante para qualidade de um ambiente subterrâneo, em sua opinião, qual seria?**

- Claridade - boa distribuição da luz
- Ambiente amplo
- Facilidade de compreender o espaço
- Temperatura agradável
- Segurança

**Você já trabalhou em algum ambiente subterrâneo? Se sim, quantas horas diárias e como foi a experiência?**

**Você usaria um ambiente subterrâneo para quais atividades?**

- Trabalhar
- Morar
- Fazer compras
- Para se locomover na cidade
- Não sei responder

**Na sua opinião, como esse ambiente precisaria ser?**

Enviar

## **APÊNDICE B - PROTOCOLO DE LEVANTAMENTO DOS LOCAIS**

### **Documento a ser preenchido no local da entrevista**

Local da entrevista

Data:

Hora:

Clima / tipo de céu:

Sistema de iluminação:

Tipo de lâmpada:

Presença de luz natural:

Conexões visuais de todo o percurso:

Acabamento paredes

Acabamento forro

Acabamento piso

Iluminância medida a 1,5m do piso

---

Croqui do local

# APÊNDICE C - DOCUMENTO DE AUTORIZAÇÃO PARA APLICAR OS QUESTIONÁRIOS

Utilizado nas estações Mercado e Rodoviária, administrados pela Trensurb



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
PROPARG - PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ARQUITETURA

Porto Alegre, 18 de agosto de 2017.

**Ao**

**Sr. David Borille**

**Semob – Setor de Planejamento e Projetos de Mobilidade Urbana**

**Ref:** Autorização para coleta de dados nas estações subterrâneas da Trensurb

Solicito autorização para a arquiteta mestranda Eliane Cristina Franz e para o estudante de iniciação científica Jean Arthur Cardoso Amarante realizarem entrevistas com usuários das passagens subterrâneas das estações Rodoviária e Mercado Público a fim de fornecer subsídios para a dissertação de mestrado intitulada "ILUMINAÇÃO DE QUALIDADE PARA ESPAÇOS SUBTERRÂNEOS EM PORTO ALEGRE" sob minha orientação. A coleta consiste em um questionário, que segue em anexo, cujo objetivo é avaliar a percepção das pessoas da iluminação dos espaços. Os entrevistadores realizarão a coleta de dados no período da tarde, ao longo de dez dias e estarão devidamente identificados com o crachá da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Qualquer esclarecimento necessário estou à disposição no e-mail [betina.martau@ufrgs.br](mailto:betina.martau@ufrgs.br) ou telefone 51 9911.49806. Agradeço antecipadamente sua atenção.

**Arq. Dr<sup>a</sup> Betina Tschiedel Martau**

Docente do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura  
Laboratório de Conforto Ambiental  
Faculdade de Arquitetura  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul



## APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS USUÁRIOS DAS PASSAGENS

<p>Entrevista aos transeuntes de forma aleatória - passam dois e abordamos o terceiro:</p> <p>Estamos realizando uma pesquisa sobre características dos espaços subterrâneos de Porto Alegre. Poderias nos responder de forma anônima algumas questões?</p>	<p><b>Questão 1 - Com que frequência você percorre este local?</b></p> <p>(    ) menos de uma vez por semana</p> <p>(    ) uma a duas vezes por semana</p> <p>(    ) três a quatro vezes por semana</p> <p>(    ) cinco a seis vezes por semana</p> <p>(    ) mais de seis vezes por semana</p> <p>(    ) Não sei responder</p>	<p><b>Questão 2 - Quanto tempo você permanece nesse local</b></p> <p>(    ) cinco minutos</p> <p>(    ) dez minutos</p> <p>(    ) quinze minutos a uma hora</p> <p>(    ) mais de uma hora</p> <p>(    ) Não sei responder</p>
<p><b>Questão 3 - Você gosta de frequentar este local?</b></p> <p>(    ) Sim</p> <p>(    ) Não</p> <p>(    ) Não sei responder</p>	<p><b>Questão 4 - Você consegue perceber de onde vem a luz do local?</b></p> <p>(    ) Sim</p> <p>(    ) Não</p> <p>(    ) Não sei responder</p>	<p><b>Questão 5 - Você acha a iluminação do local suficiente?</b></p> <p>(    ) Sim</p> <p>(    ) Não</p> <p>(    ) Não sei responder</p>
<p><b>Questão 6 - Você consegue perceber as cores dos objetos e das pessoas com clareza?</b></p> <p>(    ) Sim</p> <p>(    ) Não</p> <p>(    ) Não sei responder</p>	<p><b>Questão 7 - Estar no subsolo lhe causa:</b></p> <p>medo (    ) Sim (    ) Não (    ) Não sei responder</p> <p>sensação de estar enclausurado (    ) Sim (    ) Não (    ) Não sei responder</p> <p>falta de contato com o exterior (    ) Sim (    ) Não (    ) Não sei responder</p> <p>interesse, um local de aventura (    ) Sim (    ) Não (    ) Não sei responder</p> <p>um local estimulante (    ) Sim (    ) Não (    ) Não sei responder</p> <p>um local seguro e de proteção (    ) Sim (    ) Não (    ) Não sei responder</p>	<p><b>Questão 8 - Considera essa iluminação:</b></p> <p>(    ) Amarelada</p> <p>(    ) Branca</p> <p>(    ) Azulada</p> <p>(    ) Não sei responder</p>
<p><b>Questão 9 - Diga em uma palavra a sensação que esse ambiente lhe passa:</b></p>	<p><b>Questão 10 - Você considera esse local:</b></p> <p>Um ambiente agradável (    ) Sim (    ) Não (    ) NSR</p> <p>Um ambiente desagradável (    ) Sim (    ) Não (    ) NSR</p> <p>Um ambiente chato (    ) Sim (    ) Não (    ) NSR</p> <p>Um ambiente interessante (    ) Sim (    ) Não (    ) NSR</p> <p>Um ambiente sombrio (    ) Sim (    ) Não (    ) NSR</p> <p>Um ambiente alegre (    ) Sim (    ) Não (    ) NSR</p> <p>Um ambiente claro (    ) Sim (    ) Não (    ) NSR</p> <p>Um ambiente escuro (    ) Sim (    ) Não (    ) NSR</p>	
<p><b>Sexo</b></p> <p>(    ) Feminino</p> <p>(    ) Masculino</p> <p>(    ) Não quero responder</p>	<p><b>Nível de escolaridade</b></p> <p>(    ) nunca estudei</p> <p>(    ) primeiro grau</p> <p>(    ) ensino médio</p> <p>(    ) graduação</p> <p>(    ) pós graduação.....</p> <p>(    ) Não sei responder</p>	<p><b>Idade</b></p> <p>(    ) Menos de 20 anos</p> <p>(    ) 20 a 30 anos</p> <p>(    ) 31 a 40 anos</p> <p>(    ) 41 a 50 anos</p> <p>(    ) 51 a 60 anos</p>
<p><b>Local da entrevista:</b> <span style="float: right;"><b>Entrevistado nº:</b></span></p>		



