

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

Área de concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente

Tese de Doutorado

ÍNDICE COMPOSTO PARA AVALIAÇÃO DA
SUSTENTABILIDADE DE BAIRROS - ICSB

Marcele Salles Martins

Passo Fundo

2021



CIP – Catalogação na Publicação

- M386i Martins, Marcele Salles
Índice composto para avaliação da sustentabilidade de bairros - ICSB [recurso eletrônico] / Marcele Salles Martins. – 2021.
25 MB.; PDF.
- Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, 2021.
Orientador: Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa.
Coorientadora: Profa. Dra. Rosa Maria Locatelli Kalil.
1. Indicadores de sustentabilidade urbana. 2. Bairros sustentáveis. 3. Sustentabilidade urbana. 4. Planejamento urbano. I. Dalla Rosa, Francisco, orientador. II. Kalil, Rosa Maria Locatelli, coorientadora. III. Título.
- CDU: 711.4

Marcele Salles Martins

**ÍNDICE COMPOSTO PARA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE
DE BAIROS - ICSB**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do título de Doutor (a) em Engenharia, sob a orientação do Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa e coorientação da Profa. Dra. Rosa Maria Locatelli Kalil.

Aprovada em 29 de março de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ph.D Luis Manuel Bragança Miranda Lopes – Universidade do Minho (Uminho)

Prof. Ph.D Adriana Marques Rossetto – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Prof. Dr. Marcos Antonio Leite Frandoloso - Universidade de Passo Fundo (UPF)

Prof. Dr. Pedro Domingos Marques Prietto - Universidade de Passo Fundo (UPF)

Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa - Universidade de Passo Fundo (UPF)

Prof. Dr^a. Rosa Maria Locatelli Kalil – Universidade de Passo Fundo (UPF)

RESUMO

Devido aos impactos insustentáveis da urbanização, incluindo o consumo de recursos naturais e a densidade populacional periférica, a sustentabilidade urbana, que representa o equilíbrio das diversas funções ambientais, sociais e econômicas no ambiente urbano, se torna imprescindível e urgente a todas as cidades. Estas precisam de planos abrangentes para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas e uma avaliação em nível de bairro é necessária para garantir a viabilidade desse processo. A avaliação baseada em indicadores pode sugerir um caminho para a sustentabilidade e, ao mesmo tempo, estimular o desenvolvimento de estruturas de avaliação. A fim de gerar um índice composto de sustentabilidade de bairro (ICSB) para aferir o nível de sustentabilidade de bairros existentes, esta pesquisa desenvolveu uma estrutura de avaliação de sustentabilidade. O estudo constitui-se em uma pesquisa aplicada com abordagem quali-quantitativa e estratégia de estudo de caso múltiplo para validação da proposição. Por meio de revisão de literatura e análise de conteúdo foram identificados indicadores potenciais ao desenvolvimento de bairros sustentáveis que foram submetidos à avaliação de especialistas. Ao final foram definidos, em cinco componentes, 12 indicadores considerados relevantes para a avaliação pretendida. Os indicadores relevantes integraram a estrutura de avaliação que foi aplicada em cinco bairros como estudos de caso, selecionados a partir de uma análise de cluster, classificados por classe de renda e sorteados aleatoriamente nos respectivos agrupamentos. Os resultados gerados a partir da estrutura de avaliação mostraram que fornecem subsídios significativos para o conhecimento do nível de sustentabilidade no bairro, identificando as potencialidades e deficiências dos indicadores que causam impacto na sustentabilidade. A estrutura proposta (ICSB) permite identificar relações com características específicas dos bairros como renda, densidade habitacional ou outros. No estudo de caso efetuado para validação da proposta identificou-se que a renda impacta positivamente na sustentabilidade dos bairros sendo que em bairros de maior renda os indicadores tiveram melhor desempenho. Este desempenho foi expressivo relacionado ao indicador de proximidade de áreas verdes. Por outro lado, os indicadores proximidade ao transporte público e acesso à escola apresentaram melhor desempenho nos bairros de menor renda. Dessa maneira, o ICSB contribui para que os profissionais envolvidos no planejamento e na gestão tomem medidas eficazes para o desenvolvimento de bairros sustentáveis.

Palavras-chaves: Avaliação da sustentabilidade de bairro, bairro sustentável, indicadores de sustentabilidade, estrutura de avaliação, índice composto de sustentabilidade de bairro.

ABSTRACT

Due to the unsustainable urban impacts, including the natural resources consumption and the peripheral population density, urban sustainability which represents the different balance of the environmental, social, and economic functions in the urban environment, it is essential and urgent for all cities. The cities need wide-ranging plans to achieve the United Nations' Sustainable Development Goals at a neighbourhood level evaluation is needed to ensure its process feasibility. An evaluation based on indicators may suggest a pathway towards sustainability and, at the same time, stimulate evaluation structure development. In order to generate a composite index of neighbourhood sustainability (CINS) to assess the existing neighbourhoods' sustainability level, this research developed a sustainability evaluation structure. The study is an applied research with qualitative and quantitative approach and multiple case study strategy for proposition validation. Through literature review and content analysis, potential indicators were identified for the development of sustainable neighbourhoods that were submitted for expert evaluation. In the end, 12 indicators considered relevant for the intended evaluation were defined in five components. The relevant indicators build in the evaluation structure applied to five neighbourhoods as case studies, selected from a previous cluster analysis, classified by income level, and randomly picked in their respective groupings. The results generated from the assessment framework showed that they provide significant information for the sustainability level in the neighbourhood gauging, identifying the potentialities and deficiencies of the indicators that impact sustainability. The proposed structure (ICSB) allows identifying relations with specific characteristics of the neighbourhoods such as income, housing density, or others. In the case study carried out to validate the proposal, it was identified that income positively impacts the sustainability of neighbourhoods and that in neighbourhoods with higher income the indicators had a better performance. This performance was expressive related to the proximity to green areas indicator. The indicators proximity to public transportation and access to schools showed better results in neighbourhoods with lower income. In this way, the CINS helps the planning professionals and in gestion to take effective measures towards sustainable neighbourhood development.

Keywords: Neighborhood's sustainability assessment, Sustainable neighbourhood, Neighbourhood's sustainability indicators, Evaluation structure. Composite index of neighbourhood sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da revisão da literatura	26
Figura 2: Marcos históricos do desenvolvimento sustentável.....	28
Figura 3: Dimensões do desenvolvimento sustentável.....	29
Figura 4: Composição das dimensões da sustentabilidade e suas relações	30
Figura 5: Etapas do processo de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade	59
Figura 6: Estrutura tipológica para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade	64
Figura 7: Prisma da Sustentabilidade	70
Figura 8: Estrela orientadora	70
Figura 9: Processo de aprendizado adaptativo para desenvolvimento e aplicação de indicadores de sustentabilidade	73
Figura 10: Ferramentas de classificação de sustentabilidade urbana identificadas no mundo.....	77
Figura 11: Etapas do SGB.....	84
Figura 12: Fluxograma da análise fatorial.....	103
Figura 13: Fluxograma do procedimento metodológico	111
Figura 14: Descrição geral do protocolo de revisão sistemática da literatura.....	112
Figura 15: Fases da segunda etapa do procedimento metodológico	117
Figura 16: Base conceitual para a definição do conteúdo da estrutura de avaliação.....	118
Figura 17a: Localização do município de Passo Fundo no Estado do Rio Grande do Sul	135
Figura 18: Diagrama de dispersão dos 22 setores com base nas duas variáveis de agrupamento.....	137
Figura 19: Formação dos clusters.....	138
Figura 20: Bairros sorteados para aplicação do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro	139
Figura 21: Estudos de caso e seus respectivos clusters	140
Figura 22: Bairro Vergueiro	142
Figura 23: Loteamento Morada da Colina	142
Figura 24: Loteamento César Santos	143
Figura 25: Loteamento Professor Schisler	144
Figura 26: Bairro José Alexandre Zacchia	145
Figura 27: Procedimento para aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro existente.....	146
Figura 28: Identificação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro.....	149
Figura 29: Percentual da categorização nas dimensões da sustentabilidade	152
Figura 30: Categorias da sustentabilidade com base nos indicadores analisados	159
Figura 31: Número de indicadores de cada ferramenta incluídos nas 20 subcategorias	160
Figura 32: Distribuição estatística do número de indicadores nas 20 subcategorias.....	162
Figura 33: Número de indicadores em cada subcategoria das ferramentas analisadas	163
Figura 34: Estrutura conceitual com os indicadores potenciais	174

Figura 35: Percentuais dos indicadores nas escalas 3, 4 e 5.....	177
Figura 36: Indicadores relevantes para avaliação de sustentabilidade de bairro.....	181
Figura 37: Avaliação da sustentabilidade de bairro existente.....	182
Figura 38: Espaços verdes.....	187
Figura 39: Infraestrutura verde.....	191
Figura 40: Uso do solo.....	193
Figura 41: Acesso à escola.....	196
Figura 42: Estabelecimentos comerciais de uso cotidiano.....	200
Figura 43: Cobertura do transporte público.....	203
Figura 44: Índice de sensibilidade para as duas técnicas de normalização.....	211
Figura 45: Índice Ambiental de Sustentabilidade de Bairro (IASB).....	221
Figura 46: Índice Econômico de Sustentabilidade de Bairro (IESB).....	222
Figura 47: Índice Social de Sustentabilidade de Bairro (ISSB).....	224
Figura 48: Índice Institucional de Sustentabilidade de Bairro (IISB).....	224
Figura 49: Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB) e o nível de sustentabilidade.....	225
Figura 50: Índice composto de sustentabilidade de bairro (ISCB).....	225
Figura 51: Dendograma de análise hierárquica usando ligação média (entre grupos).....	276
Figura 52: Dendograma de análise hierárquica usando método Ward.....	277
Figura 53: Histogramas.....	288
Figura 54: Comparação dos histogramas das variáveis transformadas.....	289
Figura 55: Teste <i>scree</i> para análise de componentes.....	297
Figura 56: Procedimento para aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro existente.....	303
Figura 57: Pesos ponderados dos indicadores e índice agregado das categorias.....	313

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição geral das áreas de estudo de caso	141
Tabela 2: Quantidade de itens nas ferramentas	157
Tabela 3: Comparação da distribuição percentual entre as ferramentas Breeam Communities, CASBEE-UD, LEED-ND e Acqua Bairros e Loteamentos	165
Tabela 4: Quantidade total de indicadores por categoria após análise de similaridade	166
Tabela 5: Percentuais de respostas agrupadas nas categorias de sustentabilidade	176
Tabela 6: Matriz de cargas fatoriais rotacionadas	179
Tabela 7: Análise de confiabilidade	180
Tabela 8: Cálculo do indicador B2: Diversidade de tipologias habitacionais	186
Tabela 9: Cálculo do indicador B3: Proximidade a espaço verde	189
Tabela 10: Cálculo do indicador B4: Infraestrutura verde	189
Tabela 11: Cálculo do indicador B7: Drenagem urbana	190
Tabela 12: Cálculo do indicador B10: Uso misto	190
Tabela 13: Cálculo do indicador B18: Redução do consumo de energia	195
Tabela 14: Cálculo do indicador B19: Acesso à escola	195
Tabela 15: Cálculo do indicador B23: Preservação do patrimônio existente	198
Tabela 16: Cálculo do indicador B36: Saneamento básico	198
Tabela 17: Cálculo do indicador B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	199
Tabela 18: Cálculo do indicador B41: Proximidade ao transporte público	202
Tabela 19: Cálculo do indicador: B42: Cidadania digital	202
Tabela 20: Resumo das pontuações dos indicadores	205
Tabela 21: A pontuação original do indicador e sua respectiva escala normalizada	206
Tabela 22: Pontuação normalizada com base na técnica de escala categórica	207
Tabela 23: Pontuação normalizada com base na técnica acima e abaixo da média	208
Tabela 24: Ponderações dos indicadores e categorias agregadas	209
Tabela 25: Índice composto derivado das duas estruturas para os estudos de caso	210
Tabela 26: Índice composto de sustentabilidade de bairro e o nível de sustentabilidade nos cinco estudos de caso	213
Tabela 27: Índice de sustentabilidade de bairro por categoria e os indicadores normalizados para cada estudo de caso	214
Tabela 28: Identificação de potenciais observações atípicas com a medida de D^2 de Mahalanobis	274
Tabela 29: Coeficiente de aglomeração e esquema de agrupamento para análise hierárquica	275
Tabela 30: Coeficiente de aglomeração e esquema de agrupamento para análise hierárquica	276
Tabela 31: Soma dos quadrados das variáveis	278
Tabela 32: Testes de normalidade	285
Tabela 33: Análise descritiva dos 42 indicadores potenciais	286

Tabela 34: Análise descritiva comparativa das variáveis originais e após a transformação dos dados	287
Tabela 35: Matriz de correlação de Spearman	291
Tabela 36: Medida de adequação da amostra para cada variável	295
Tabela 37: Resultados para a extração de componentes	296
Tabela 38: Matriz de análise fatorial de componentes não-rotacionada	298
Tabela 39: Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada Varimax	298
Tabela 40: Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada	300
Tabela 41: Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada	300
Tabela 42: Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada (B1 eliminada)	301
Tabela 43: Síntese da análise de componentes principais	302
Tabela 44: Cálculo do indicador Diversidade de tipologias habitacionais	306
Tabela 45: Cálculo do indicador Proximidade a espaço verde	307
Tabela 46: Porte das árvores por trecho de via	307
Tabela 47: Cálculo do indicador Infraestrutura verde	307
Tabela 48: Cálculo do indicador Drenagem urbana	308
Tabela 49: Cálculo do indicador Uso misto	308
Tabela 50: Cálculo do indicador Redução do consumo de energia	308
Tabela 51: Cálculo do indicador Acesso à escola	309
Tabela 52: Cálculo do indicador Preservação do patrimônio existente	309
Tabela 53: Cálculo do indicador Saneamento básico	309
Tabela 54: Cálculo do indicador Proximidade a atividade de uso cotidiano	310
Tabela 55: Cálculo do indicador Proximidade ao transporte público	310
Tabela 56: Cálculo do indicador Cidadania digital	310
Tabela 57: Síntese das pontuações das saídas dos indicadores	311
Tabela 58: Pontuação normalizada com base na técnica de escala categórica	312
Tabela 59: A pontuação original do indicador e sua respectiva escala normalizada	312
Tabela 60: Índice composto de sustentabilidade de bairro e o nível de sustentabilidade	314

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Definições das dimensões da sustentabilidade.....	32
Quadro 2: Fatores para interpretação do ambiente social e físico.....	36
Quadro 3: Síntese dos parâmetros considerados para bairros e unidade de vizinhança.....	44
Quadro 4: Princípios de bairros sustentáveis	47
Quadro 5: Empreendimentos planejados no Brasil (1982 – 2014).....	48
Quadro 6: Critérios para o planejamento de bairros sustentáveis	49
Quadro 7: Tipos de indicadores de sustentabilidade do bairro.....	54
Quadro 8: Tipos de indicadores de sustentabilidade do bairro.....	55
Quadro 9: Estruturas de avaliação de sustentabilidade de bairro baseadas em indicadores.....	57
Quadro 10: Orientadores básicos da sustentabilidade do sistema, exemplo da cidade de Seattle	65
Quadro 11: Ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro	76
Quadro 12: Objetivos das ferramentas de avaliação	78
Quadro 13: Distritos e quantidade de metros quadrados.....	86
Quadro 14: Metas de redução 2030 Districts	87
Quadro 15: Sete categorias de habitabilidade e os atributos associados a cada um.....	90
Quadro 16: Características gerais das ferramentas de avaliação.....	93
Quadro 17: Estrutura das ferramentas de avaliação	95
Quadro 18: Métodos adicionais para redução de dados na análise fatorial.....	107
Quadro 19: Relação de questões elaboradas para o questionário.....	121
Quadro 20: Planejamento da análise fatorial.....	126
Quadro 21: Escala de classificação do nível de sustentabilidade de bairro	133
Quadro 22: Categorização a partir das ferramentas analisadas.....	151
Quadro 23: Subcategorias e seus respectivos objetivos	154
Quadro 24: Nível de relação entre as vinte subcategorias propostas	156
Quadro 25: Conjunto de indicadores das ferramentas de avaliação após análise comparativa e de similaridade	168
Quadro 26: Indicadores potenciais para medir a sustentabilidade de bairro utilizados neste estudo...	172
Quadro 27: Princípios de sustentabilidade adotados.....	173
Quadro 28: Descrição, equação de medida e unidades do conjunto de indicadores relevantes	184
Quadro 29: Clusters com a especificação dos respectivos bairros que compõem os setores.....	279
Quadro 30: Comparação por similaridade dos indicadores nas ferramentas analisadas	281
Quadro 31: Ações corretivas para a transformação de dados.....	287
Quadro 32: Descrição, equação de medida e unidades do conjunto de indicadores relevantes	305
Quadro 33: Escala de classificação do nível de sustentabilidade de bairro	314

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	<i>Problema.....</i>	16
1.2	<i>Justificativa.....</i>	19
1.3	<i>Objetivos.....</i>	23
1.3.1	Objetivo Geral.....	23
1.3.2	Objetivos específicos.....	23
1.4	<i>Estrutura da tese.....</i>	24
2	REVISÃO DA LITERATURA	26
2.1	<i>Desenvolvimento urbano sustentável.....</i>	27
2.1.1	Dimensões da Sustentabilidade	31
2.1.2	Sustentabilidade na etapa de planejamento urbano	37
2.2	<i>Compreendendo o bairro como unidade socioterritorial urbana.....</i>	40
2.2.1	Definição e características do bairro	40
2.2.2	Bairros sustentáveis.....	45
2.3	<i>Indicadores de sustentabilidade</i>	50
2.3.1	Definição de indicadores	50
2.3.2	Avaliação baseada em indicadores.....	55
2.3.3	Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade	59
2.4	<i>Estrutura para avaliação da sustentabilidade.....</i>	71
2.4.1	Base para o desenvolvimento da estrutura	72
2.5	<i>Ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro.....</i>	74
2.5.1	Apresentação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro.....	77
2.5.2	Visão geral das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro	91
2.5.3	Comparação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro	97
2.6	<i>Métodos e Técnicas utilizados para identificação de indicadores de sustentabilidade de bairro</i> 99	
2.7	<i>Síntese do Capítulo.....</i>	107
3	MÉTODO DO TRABALHO	109
3.1	<i>Classificação da pesquisa.....</i>	109
3.2	<i>Procedimento metodológico</i>	110
3.2.1	Etapa 1: Identificação de indicadores potenciais para avaliação de sustentabilidade de bairro	112
3.2.2	Etapa 2: Desenvolvimento de uma estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro	116

3.2.3	Etapa 3: Aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro.....	135
4	RESULTADOS	149
4.1	<i>Identificação de indicadores potenciais para avaliação de sustentabilidade de bairro.....</i>	<i>149</i>
4.1.1	Seleção das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro	149
4.1.2	Comparação dos indicadores das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro 150	
4.1.3	Indicadores potenciais para medir a sustentabilidade de bairro	171
4.2	<i>Desenvolvimento de uma estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro.....</i>	<i>172</i>
4.2.1	Estrutura conceitual.....	172
4.2.2	Identificação dos indicadores relevantes para avaliação de sustentabilidade de bairro.	174
4.2.3	Apresentação dos indicadores relevantes de sustentabilidade de bairro.....	181
4.2.4	Formação do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB)	182
4.3	<i>Aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro e cálculo dos índices</i>	<i>212</i>
4.3.1	Índice ambiental de sustentabilidade de bairro (IASB).....	221
4.3.2	Índice econômico de sustentabilidade de bairro (IESB).....	222
4.3.3	Índice social de sustentabilidade de bairro (ISSB).....	223
4.3.4	Índice institucional de sustentabilidade de bairro (IISB)	224
4.3.5	Índice composto de sustentabilidade de bairro (ICSB)	225
4.4	<i>Sustentabilidade de bairro: síntese dos resultados.....</i>	<i>226</i>
5	CONCLUSÕES	230
6	REFERÊNCIAS	234
7	APÊNDICE A: Questionário.....	258
8	APÊNDICE B: Descrição dos procedimentos metodológico dos indicadores relevantes	262
9	APÊNDICE C: Análise de Cluster.....	274
10	APÊNDICE D: Análise de similaridade.....	281
11	APÊNDICE E: Teste de normalidade	285
12	APÊNDICE F: Correlação entre variáveis	290
13	APÊNDICE G: Análise de componentes principais.....	296
14	APÊNDICE H: Manual de aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro existente	303

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população urbana mundial contribuiu com o surgimento de inúmeros problemas nas aglomerações contemporâneas. Vivencia-se a realidade do crescente processo de esgotamento de recursos naturais e o desenvolvimento sustentável se torna um desafio de extrema importância para todos os países. As cidades representam a maior fonte de emissões de gases de efeito estufa, ao mesmo tempo, são os maiores consumidores de recursos, além de gerarem 75% dos resíduos. Torna-se necessário reduzir seus impactos ambientais e identificar como melhorar os bairros urbanos novos e existentes e como torná-los mais sustentáveis (KLOPP; PETRETTA, 2017; LEITE; AWAD, 2012; MARIQUE; REITER, 2011; MEDVED, 2016).

Há desafios que as cidades do século XXI estão enfrentando que foram expostos pelo Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos (UN-HABITAT) (2010, p. 6-7) no Relatório Global 2009 sobre Planejamento Humano *Planejando Cidades Sustentáveis*. O primeiro desafio se relaciona às mudanças climáticas e à dependência dos combustíveis fósseis; o segundo aborda a questão demográfica, como a urbanização acelerada, a redução demográfica, particularmente nas cidades pequenas e médias, o envelhecimento da população em alguns países e o aumento da juventude. O terceiro desafio está ligado à área econômica, suas incertezas em relação ao crescimento futuro, dúvidas do mercado e a crescente informalidade das atividades urbanas. O quarto está relacionado à desigualdade social e espacial, à expansão urbana e à urbanização não planejada. O último desafio expõe as oportunidades da crescente democratização, conscientização dos direitos sociais e econômicos e consequente renegociação política do poder.

Nota-se que os desafios perpassam pelas quatro dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômico, social e institucional), mencionados em escala global, porém revelados em nível local. Portanto, a resolução dos problemas intraurbanos está em melhorar o ambiente urbano, a habitabilidade e por consequência a qualidade de vida dos seus moradores que depende de fatores sociais e econômicos e também de condições ambientais e físico-espaciais (ROGERS, 2001; RUEDA, 2003).

O planejamento e o desenvolvimento em nível local gradualmente desempenham um papel significativo no aprimoramento da sustentabilidade local. No entanto, as cidades

não podem ser consideradas sustentáveis se suas partes componentes, como bairros, não atendem aos critérios de sustentabilidade (CHOGUILL, 2008).

O Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP) (2012, p. 9) define cidade sustentável como “uma cidade que é significativamente dissociada da exploração de recursos e dos impactos ecológicos e é socioeconômica e ecologicamente sustentável no longo prazo”. Para Romero (2007, p. 51) cidade sustentável é:

o assentamento humano constituído por uma sociedade com consciência de seu papel de agente transformador dos espaços e cuja relação não se dá pela razão natureza-objeto e sim por uma ação sinérgica entre prudência ecológica, eficiência econômica e equidade sócio-espacial.

Nos últimos anos, no entanto, o conceito de sustentabilidade, mostrado frequentemente como uma solução para os problemas multidimensionais das cidades (AKKAR ERCAN, 2011), tornou-se central, também, na consideração dos “assentamentos humanos, emprego, infraestrutura, transporte e serviços urbanos” (CHOGUILL, 2007, p. 143, tradução nossa).

Compreendendo que a cidade sustentável precisa encontrar um equilíbrio entre forma urbana, equidade social, diversidade cultural, desenvolvimento econômico e eficiência ambiental, Leite e Awad (2012) mencionam que é necessário que a cidade opere com um modelo de desenvolvimento urbano que gere de forma eficiente os recursos necessários ao seu funcionamento.

Nesse caso, o planejamento urbano pode contribuir, porém ele “por si só fornece uma solução parcial para a obtenção da sustentabilidade urbana. Padrões de comportamento humano, tradições, atitudes, crenças e preconceitos podem estar além do controle do planejamento urbano” (CHOGUILL, 2008, p. 48, tradução nossa). Do mesmo modo, Rohe (2009) argumenta que, embora o projeto do bairro não determine o comportamento social, pode incentivar ou desencorajar certos comportamentos, como caminhar ou utilizar o transporte coletivo, que, por sua vez, afetam a quantidade de gases de efeito estufa que se libera na atmosfera. Com o intuito de contribuir com um futuro mais sustentável, Marique e Reiter (2011) mencionam uma combinação dos seguintes elementos: inovação, tecnologia, boa governança e comportamento sensato dos cidadãos.

No entanto, faz-se necessário mecanismos de avaliação da sustentabilidade que atuem de forma integrada ao processo de planejamento e de desenvolvimento. Essa necessidade do uso de ferramentas de avaliação foi identificada a partir do momento em

que se torna essencial apontar medidas sustentáveis às cidades e ao seu espaço intraurbano. As ferramentas propiciam o compartilhamento de critérios e objetivos de sustentabilidade quando são utilizadas entre os profissionais e se tornam um quadro de referência, auxiliando no procedimento de avaliação. Além disso, essas ferramentas podem proporcionar a criação e/ou a incorporação de princípios de sustentabilidade que norteiem todo o processo de urbanização: da elaboração do projeto, à gestão e posteriormente, à ocupação dos bairros. Dessa forma, as ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro (*Neighborhood Sustainability Assessment – NSA*) segundo Komeily e Srinivasan (2015) contribuem para aumentar a conscientização ambiental entre os profissionais envolvidos, além de orientar para as melhores práticas, se não a melhor prática no desenvolvimento de projetos urbanos.

A introdução de práticas da NSA nas áreas urbanas do mundo em desenvolvimento pode ter impactos significativos na sustentabilidade global (SHARIFI; MURAYAMA, 2014b). No entanto, essas práticas se aplicam ao desenvolvimento de novos bairros (ROHE, 2009) e, dificilmente podem ser aplicadas aos bairros existentes (LÜTZKENDORF; BALOUKTSI, 2017). O desafio é incorporar medidas e soluções que avaliem bairros existentes e, à medida que essas partes se tornam mais sustentáveis, contribuem para a sustentabilidade da cidade como um todo (CHOGUILL, 2008).

1.1 Problema

A urbanização é uma grande preocupação devido aos seus efeitos negativos sobre o meio ambiente, tanto em nível mundial, quanto em nível local, em virtude do crescimento da concentração de população nas áreas urbanas nas últimas décadas (HAPPIO, 2012; UNITED NATION, 2016a, ZHANG, 2016). Em 2018, 55% da população mundial vivia em áreas urbanas. Estima-se que aumente para 68% em 2050 (UNDESA, 2018).

As taxas da urbanização tendem a continuar em crescimento pelos prognósticos divulgados pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP, 2012), na publicação *Sustainable, resource efficient cities – making it happen!*. O documento menciona que 52% da população urbana global residia em cidades com menos de 500 mil habitantes. Com relação à distribuição da população em classe de tamanho da cidade para o ano de 2025, baseado em dados históricos a partir de 1995, mais pessoas estarão vivendo em cidades de menos de 100 mil habitantes do que em megacidades. Essas projeções

relacionadas às cidades pequenas e médias podem apresentar provável ligação com a segunda onda de urbanização prevista para o século XXI, na qual em um período de apenas 80 anos estão estimadas 3 bilhões de pessoas vivendo em cidades, principalmente na África e na Ásia, seguida pela América Latina e Caribe.

O Brasil se insere neste contexto, como demonstram os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). A população urbana evoluiu de 82.013.375 milhões de pessoas na década de 1980 para 160.925.792 milhões de habitantes urbanos nos municípios brasileiros no ano de 2010, com maiores concentrações populacionais nos estados do sul e sudeste. As projeções apresentadas pelo Instituto para o ano de 2030 é de que a população urbana deva atingir um total de mais de 208 milhões de habitantes (IBGE, 2018).

O crescimento urbano tem vários impactos positivos no meio ambiente e no bem-estar humano, ou seja, progresso na conectividade de assentamentos humanos, auxiliando o aumento da produtividade e a criação de oportunidades, densidades populacionais mais altas geram custos per capita mais baixos de fornecimento de energia, assistência médica, infraestrutura e serviços (ICHIMURA, 2003; UNITED NATION, 2014). Porém, o modelo de urbanização em vigor não é sustentável, de acordo com o relatório de progresso do UN-HABITAT II (UNITED NATION, 2014). As cidades não conseguiram enfrentar os desafios emergentes e existentes, como a expansão urbana, o congestionamento, a poluição do ar, a pobreza, as emissões de gases de efeito estufa, embora sejam canais cruciais do crescimento social e econômico.

Apesar dos impactos positivos, as implicações do rápido crescimento urbano incluem falta de serviços urbanos, sobrecarga da infraestrutura existente e falta de acesso à terra, ocasionando o surgimento de grandes áreas de habitação informal localizadas em áreas ambientalmente frágeis (encostas, áreas úmidas, áreas de proteção ambiental), densamente povoadas, além de construções precárias, isentas de habitabilidade, comprometendo a qualidade de vida de seus habitantes (GEHL, 2013; ICHIMURA, 2003; SATTERTHWAITTE, 1997).

As conseqüências da urbanização no âmbito ambiental estão relacionadas a aspectos como: a) poluição do ar, decorrentes da industrialização e do aumento do tráfego de veículos e, poluição da água que ameaça a saúde, principalmente da população de baixa renda, pela contaminação por acesso à água não tratada; b) resíduos sólidos não coletados que bloqueiam sistemas de drenagem e contaminam as águas subterrâneas nos aterros,

além do manejo inadequado prejudicar a saúde; c) a conversão de terras e áreas de plantio agrícolas, bem como a recuperação de áreas úmidas, para usos e infraestruturas urbanas, está associada à remoção generalizada da vegetação para apoiar o ecossistema urbano; d) esgoto a céu aberto (ICHIMURA, 2003; SILVA; TRAVASSOS, 2008).

No âmbito social, as consequências estão ligadas à pobreza e à violência urbanas (ZHANG, 2016); há um aumento da criminalidade (NETO, 2011), de modo que as desigualdades sociais se tornam explícitas e, a segregação socioespacial é percebida no espaço urbano. Provavelmente, devido ao modelo urbanístico praticado a partir de meados do século XX, incentivando em grande parte a expansão das cidades, contribuindo de certa forma, para o surgimento e expansão de condomínios fechados e, implantações de conjuntos habitacionais localizados nas bordas dos centros urbanos (ARSLAN; DURAK; AYTAC, 2016; UN-HABITAT, 2010).

As diferenças entre as implantações desses assentamentos urbanos se apresentam na oferta da infraestrutura urbana e na forma de deslocamentos. No primeiro caso, geralmente, implementados pela iniciativa privada, os deslocamentos realizados a partir do uso de veículos individuais, causando congestionamentos e danos à saúde da população com o elevado percentual de emissão de gases de efeito estufa, contribuindo, também para a aceleração das mudanças climáticas (SILVA, 2013). O segundo, na maioria dos casos, implementados ou financiados pelo poder público, cujo deslocamento é realizado com transporte público.

Outra implicação da urbanização se relaciona ao aspecto econômico, com altas taxas de desemprego urbano (ZHANG, 2016). E no aspecto institucional às deficiências nos mecanismos de gestão e planejamento, nas quais o planejamento de bairro e a participação cidadã têm sido modesto ou inexistente (ROHE, 2009). Diante dos desafios impostos pela urbanização, são necessárias medidas adequadas para que a vida nas cidades se torne mais sustentável. Para tanto, as nações estão incumbidas de propor medidas e ações que visem a um desenvolvimento urbano sustentável, objetivo que se insere nos compromissos da agenda de desenvolvimento sustentável 2030 das Nações Unidas, cujas metas estão baseadas em diversos indicadores sociais, econômicos, ambientais e de governança (NAÇÕES UNIDAS, 2017), que “têm o potencial de incentivar e orientar reformas necessárias em nossas cidades, mas somente se ancoradas em instituições e iniciativas locais” (KLOPP; PETRETTA, 2017, p. 92, tradução nossa).

Como outras estruturas complexas, as cidades são o resultado de inter-relações entre suas unidades fundamentais. De fato, os bairros são blocos de construção das cidades e desempenham um papel importante para ajudar a alcançar a sustentabilidade global (ARSLAN; DURAK; AYTAC, 2016; SHARIFI; MURAYAMA, 2014b).

Nos desafios impostos pela complexidade que envolve o ambiente urbano, vislumbra-se a oportunidade de apresentar uma estrutura composta por um conjunto de indicadores, formados com a participação de especialistas e cidadãos, iniciativa de incluir um processo adaptativo, com a integração das abordagens *top-down e bottom-up*, com vistas a avaliar a sustentabilidade de bairros existentes, a fim de tornar as comunidades mais sustentáveis.

Para tanto, apresenta-se a seguinte questão de pesquisa: Como avaliar a sustentabilidade de bairro existente mediante um conjunto de indicadores que contemplem quatro dimensões da sustentabilidade?

1.2 Justificativa

Obter o desenvolvimento urbano sustentável é uma tarefa difícil de realizar devido à sua natureza complexa e em constante evolução. Recentemente, tendo em vista a crescente proposição de políticas para o alcance das metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), muitas cidades lutam para alcançar seus compromissos com a sustentabilidade. As informações e os indicadores intramunicipais (distritos e bairros) se tornaram cada vez mais relevantes para o acompanhamento periódico da situação de segmentos populacionais específicos e grupos vulneráveis, corroborando com a avaliação nesta escala (UNITED NATION, 2017). O nível de bairro tem sido reconhecido como um nível apropriado para implementar princípios de sustentabilidade em processos de transformação urbana (BERARDI, 2013; ELGADI; ISMAIL, 2016). Portanto, a implementação de intervenções em nível de vizinhança geralmente parece ser uma opção mais promissora para a transição para a sustentabilidade urbana (LÜTZKENDORF; BALOUKTSI, 2017).

A avaliação da sustentabilidade é vista como uma ferramenta para auxiliar o avanço das comunidades em direção à sustentabilidade, sua aferição está sendo realizada com base em indicadores (ADEWUMI *et al.*, 2019; HAPPIO, 2012; NESS *et al.*, 2007; POPE; ANNANDALE; MORRISON-SAUDERS, 2004; WU; WU, 2012). A utilização de

indicadores de sustentabilidade fornece informações sobre as tendências e comportamentos dos fenômenos abordados, orienta o desenvolvimento e o monitoramento de políticas e estratégias, a fim de facilitar as medidas de implementação do desenvolvimento sustentável (HIREMATH *et al.*, 2013; JEPSON JR., 2009; ROMERO, 2007; SILVA, 2007). Nesse contexto, se inserem os sistemas de avaliação que nos últimos anos, tornaram-se essenciais para orientar o desenvolvimento sustentável (BECKER, 2005; KYRKOUA; KARTHAUS, 2011). Particularmente, no caso de bairros urbanos existentes, eles podem auxiliar na identificação de áreas problemáticas, no desenvolvimento de estratégias de melhoria e no monitoramento contínuo do sucesso e impacto das intervenções e medidas de sustentabilidade adotadas (LÜTZKENDORF; BALOUKTSI, 2017).

A análise das ferramentas de avaliação e certificação foi discutida na literatura (BERARDI, 2013; REITH; OROVA, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2013, 2014a; YILDIZ *et al.*, 2016) e aplicada em estudos de casos (ARSLAN; DURAK; AYTAC, 2016; HAPPIO, 2012; HURLEY; HORNE, 2006; KOMEILY; SRINIVASAN, 2015; KYRKOUA; KARTHAUS, 2011; OREGI *et al.*, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2014b; YOON; PARK, 2015). Como resultado, constatou-se que uma ferramenta única não é adequada em todas as regiões do mundo (YOON; PARK, 2015), em função da realidade das cidades que pode variar dependendo de fatores como localização, condições climáticas e contexto socioeconômico. Normalmente, essas ferramentas são adequadas para distritos recém-projetados e construídos, além de influenciar decisões de desenvolvedores individuais no nível de planejamento, porém se apresentam inflexíveis para a transformação e melhoria sustentáveis dos bairros existentes (LÜTZKENDORF; BALOUKTSI, 2017).

Portanto, Valentin e Spangenberg (2000), argumentam que cada comunidade deve desenvolver seu conjunto individual de indicadores e a participação do público na escolha dos indicadores é defendida nos princípios de Fraser *et al.* (2006); Happio (2012) e Reed, Fraser e Dougill (2006). Nesse sentido, a avaliação da sustentabilidade dos bairros precisa considerar as maneiras pelas quais os níveis econômico, ambiental e social estão relacionados aos cidadãos (BERARDI, 2013).

A aplicação da avaliação da sustentabilidade em nível do bairro surgiu há cerca de uma década, impulsionada por três fatores principais. Primeiro, a Agenda 21, que pedia o envolvimento da comunidade das partes interessadas locais na visão da sustentabilidade (ADEWUMI *et al.*, 2019). Segundo, a necessidade de ampliar a escala de avaliação da

escala da construção para o nível da vizinhança (BERARDI, 2013). Terceiro, a posição estratégica e os papéis dos bairros como unidades de planejamento e blocos de construção das cidades e áreas urbanas (SHARIFI; MURAYAMA, 2014b).

Algumas estruturas de avaliação de sustentabilidade, com base em indicadores foram desenvolvidas nos últimos anos para distritos e bairros urbanos (BAHADURE; KOTHARKAR, 2018; ELGADI; ISMAIL, 2016; GHELLERE; DEVITOFRANCESCO; MERONI, 2017; MEDVED, 2016; MOROKE; SCHOEMAN; SCHOEMAN, 2019; SANTOS; GONÇALVES; MEZZOMO, 2017; TURCU, 2013; YIGITCANLAR; KAMRUZZAMAN; TERIMAN, 2015), com objetivos específicos de comparar a sustentabilidade de áreas urbanas, pertencentes ao território no qual a estrutura foi concebida, e com indicadores submetidos à opinião de especialistas. A estrutura proposta por Turcu (2013) difere das anteriores quanto à escolha dos indicadores, integrando consulta a especialistas e cidadãos. Essas estruturas dificilmente poderão ser utilizadas em outros lugares do mundo se não passarem por modificações ou adaptações, porém servem de fonte de consulta.

No Brasil, embora novos empreendimentos sejam planejados e projetados, alguns seguindo as orientações do LEED Neighborhood, sendo muitas vezes definidos como sustentáveis, não se observam esforços para avaliar e desenvolver a sustentabilidade dos bairros existentes. Os estudos brasileiros nessa temática se apresentam incipientes, sendo identificados em Gonçalves e Kunen (2016), Nunes *et al.* (2016) e, Mezzomo; Borges Junior; Gonçalves (2018). Essas avaliações não possuem indicadores que contemplem os domínios da sustentabilidade abordadas nesta pesquisa; tampouco, mencionam participação de especialistas e/ou cidadãos no processo de construção do quadro de indicadores para avaliação, não geram uma métrica a fim de comparação entre as áreas avaliadas. A necessidade de se gerar uma métrica para comparar as comunidades quanto ao seu nível de sustentabilidade fornece uma base para a construção de uma classificação para comunidades sustentáveis, além de permitir identificar os pontos fortes e fracos das comunidades em termos de sustentabilidade (MISCHEN *et al.*, 2019).

Diante da lacuna de mecanismos para a avaliação de sustentabilidade de bairros existentes no contexto brasileiro, esta pesquisa foi motivada. Também, tomou relevância a partir da publicação da Nova Agenda Urbana, documento resultante da Conferência das Nações Unidas Habitat III, realizada em 2016, que adota compromissos de eventos internacionais que ocorreram em 2015. Particularmente, a Agenda 2030, que integra os

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 11 para tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (UNITED NATIONS, 2016a). Esses objetivos possuem uma abrangência em nível de nação e cidades, nesse contexto, de que maneira as comunidades existentes podem contribuir com o desenvolvimento sustentável. O foco do estudo é investigar como o bairro existente se comporta frente à sustentabilidade, nas dimensões ambientais, econômicas, sociais e institucionais, possibilitando identificar temas deficitários. Para que essas descobertas, posteriormente, impulsionem encaminhamentos e práticas que levarão a maiores graus de sustentabilidade na comunidade e se apresentem consonantes com a definição de comunidade sustentável exposta por Mischen *et al.* (2019, p.10, tradução nossa):

Uma comunidade sustentável é o agregado de indivíduos e organizações conectados funcional e socialmente que compartilham recursos coletivos de forma a envolver os membros em processos de governança de autodeterminação, resultando no fornecimento equitativo de saúde, educação e bem-estar material entre seus residentes, embora não afete negativamente as gerações futuras ou o uso desses recursos por outras comunidades.

Tendo em vista que a avaliação da sustentabilidade é aferida por indicadores, a pesquisa identifica indicadores em vários domínios de sustentabilidade e usa o método de avaliação baseado em indicadores. A seleção de indicadores de sustentabilidade é fundamental para medir com precisão o nível comparativo de sustentabilidade (UN-HABITAT, 2012). É aconselhável que a quantidade de indicadores seja pré-estabelecida. Bell e Morse (2003) indicam limitar o número de indicadores para aplicá-los na prática, sugerem que um total de 20 indicadores se torna gerenciável (BELL; MORSE, 1999 apud MOLES *et al.*, 2008; TERIMAN, 2012). De acordo com o estudo de Tanguay *et al.* (2010), cerca de 32 indicadores são suficientes para realizar uma análise completa do desenvolvimento sustentável de uma cidade. Bossel (1999), após desenvolver um sistema sugere que 42 seria o número mínimo para incluir em uma estrutura. Na literatura não se identificou um número ideal, cada sistema de avaliação determina uma quantidade, dependendo do método escolhido para apoiar a tomada de decisão.

Sendo assim, a presente pesquisa utilizou a análise dos componentes principais como método de extração da análise fatorial, o qual possibilitou identificar um conjunto de variáveis (indicadores) mais representativo e parcimonioso possível para posterior uso na estrutura de avaliação da sustentabilidade de bairros existentes.

O objetivo da análise de componentes principais é obter um número relativamente pequeno de variáveis (combinações lineares de variáveis) que são responsáveis por tanta variação no conjunto de variáveis quanto possível (PITUCH; STEVENS, 2016). A análise de componentes principais se apresenta como um processo utilizado no desenvolvimento de pesquisas relacionadas à escala urbana com aplicações em casos de seleção de variáveis (indicadores) para a definição de índice socioeconômico de vizinhança para análise de desigualdades em saúde (LALLOUÉ *et al.*, 2013); atribuição de pesos a indicadores individuais (KOTHARKAR; PALLAPU; BAHADURE, 2019); atributos de desenvolvimento urbano sustentável para comunidades (AMIN; TAMIMA, 2015); elaboração de ranking para cidades (AKANDE *et al.*, 2019); índice de sustentabilidade para países (LIAO, 2016).

Nesse sentido, esta pesquisa contribui para o desenvolvimento de uma estrutura de avaliação que fornece orientações para medir a sustentabilidade na escala de bairro existente em cada categoria. Também orientará os formuladores de políticas em seu processo de tomada de decisões, além de contribuir para o planejamento de bairro e fornecer monitoramento e avaliação contínuos que podem facilitar a comparação da sustentabilidade ao longo do tempo para os bairros como um meio de monitorar as mudanças no nível de sustentabilidade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa é propor uma estrutura de avaliação a partir de um índice composto de sustentabilidade para aferir o nível de sustentabilidade de bairros existentes.

1.3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são definidos como:

- a) Identificar indicadores relevantes nas dimensões da sustentabilidade (ambiental, social, econômica e institucional) para avaliar o nível de sustentabilidade de bairros existentes;
- b) Desenvolver uma estrutura de avaliação baseada nos indicadores relevantes identificados;
- c) Validar a estrutura de avaliação proposta a partir da medição do nível de sustentabilidade nas dimensões abordadas de bairros existentes na cidade de Passo Fundo (RS).

1.4 Estrutura da tese

A tese está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo contempla questões introdutórias, com uma abordagem relacionada ao contexto urbano da escala global à escala local, perpassando pelos desafios da avaliação da sustentabilidade. Apresenta o problema da pesquisa que originou a questão da pesquisa, a justificativa, a lacuna e os objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo integra a fundamentação teórica subdividida em cinco itens. Inicialmente, apresenta os principais conceitos relacionados ao desenvolvimento urbano sustentável, as quatro dimensões da sustentabilidade abordadas na pesquisa (ambiental, econômica, social e institucional) de forma geral e local, sustentabilidade urbana e planejamento. Em seguida conceitua bairro e bairros sustentáveis, apresentando suas características. O terceiro item do segundo capítulo aborda a conceituação dos indicadores de sustentabilidade, indicadores de desenvolvimento sustentável e indicadores de bairro. Apresenta os procedimentos para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade e o estado da arte sobre a avaliação baseada em indicadores. Segue com a apresentação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro, após é apresentada uma visão geral das ferramentas, seguida da comparação entre as ferramentas selecionadas para esta pesquisa, com base nos estudos da revisão bibliográfica. O quinto item do segundo capítulo apresenta a estrutura para avaliação da sustentabilidade, juntamente com a base teórica adotada e os métodos e técnicas utilizados, com descrições pormenorizadas. Finaliza com uma síntese das principais considerações do capítulo.

No terceiro capítulo encontram-se descritos a classificação da pesquisa e os procedimentos metodológicos. O delineamento da pesquisa é apresentado graficamente e

subdivide-se em três etapas: Etapa 1: identificação de indicadores potenciais para avaliação de sustentabilidade de bairro; Etapa 2: desenvolvimento de uma estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro; Etapa 3: aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro. As etapas mencionadas foram descritas detalhadamente com relação aos procedimentos das inúmeras fases incluídas em cada etapa.

No quarto capítulo são apresentados e discutidos os resultados. Os resultados estão divididos em três grandes blocos, seguindo as etapas definidas no terceiro capítulo. A etapa 1 contempla os resultados das comparações dos indicadores das ferramentas de avaliação selecionadas para o estudo, com a apresentação final dos indicadores potenciais após análises de conteúdo, similaridade e critérios de seleção. Na etapa 2 os resultados contemplam a apresentação da estrutura conceitual com as definições adotadas de sustentabilidade, os princípios de sustentabilidade de cada dimensão. Identifica os indicadores relevantes, apresentando os resultados da análise de componentes principais, bem como o perfil dos respondentes. Finaliza a segunda etapa apresentando as equações de medição, o cálculo de saída para cada indicador relevante, juntamente com os resultados do índice composto de sustentabilidade de bairro. A terceira etapa de resultados apresenta a aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade em cada um dos cinco estudos de caso e o índice composto de sustentabilidade de bairro.

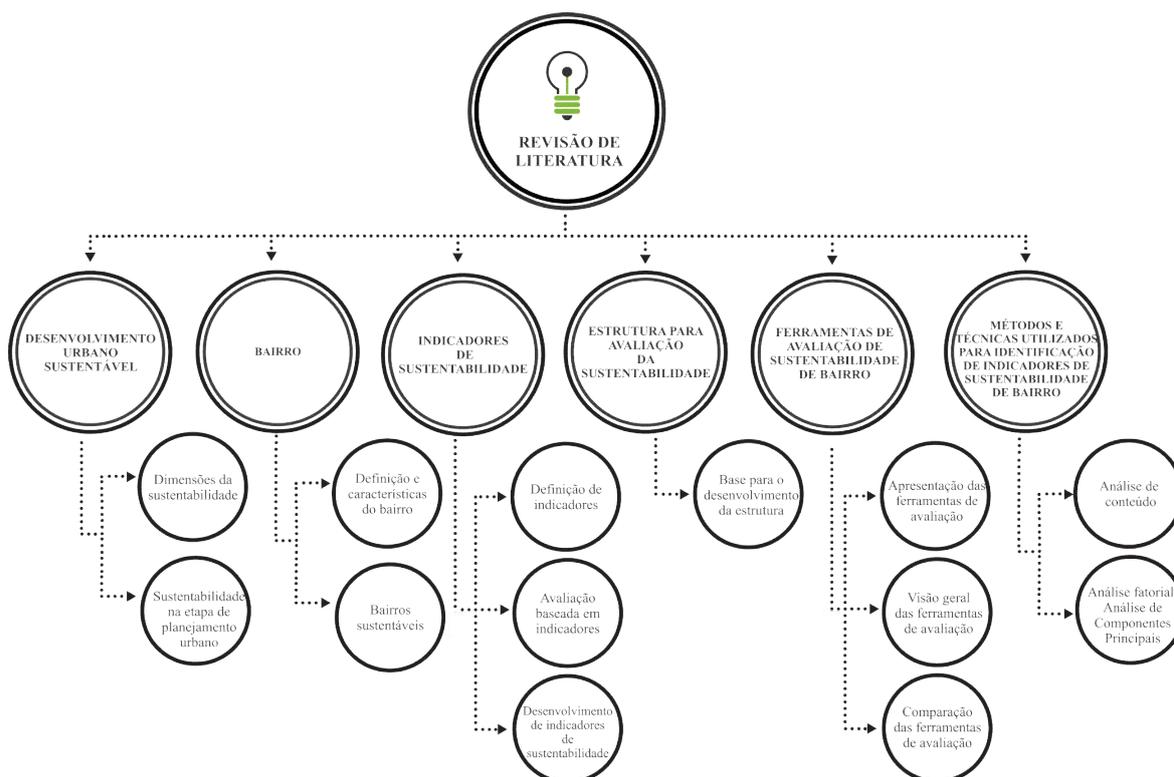
O quinto capítulo apresenta as principais conclusões da pesquisa e recomendações para trabalhos futuros. Ao final, são apresentadas as referências e apêndices. O documento possui seis apêndices. Inicia com a apresentação do questionário aplicado aos participantes da pesquisa. Em seguida, a descrição dos procedimentos metodológicos dos indicadores relevantes. A partir do terceiro apêndice se apresentam detalhadamente os resultados dos métodos estatísticos utilizados: análise de cluster, teste de normalidade, correlação entre as variáveis e a análise de componentes principais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura integra o Capítulo 2, está estruturada em seis seções constantes na

Figura 1, as quais são importantes para o embasamento teórico-metodológico e para o desenvolvimento deste estudo.

Figura 1: Estrutura da revisão da literatura



Fonte: Autora, 2019.

Após a introdução, a primeira seção destaca o conceito de desenvolvimento urbano sustentável e sustentabilidade urbana. A seção subdivide-se e contempla as dimensões da sustentabilidade urbana e em seguida os problemas urbanos relacionados à industrialização e os processos de urbanização no século XX, atrelados ao desenvolvimento sustentável e ao ato de planejar o espaço urbano. A segunda seção é destinada a uma abordagem conceitual dos bairros e bairros sustentáveis. A terceira seção destina-se à avaliação da sustentabilidade na qual é exposto o surgimento dos indicadores de sustentabilidade. Em seguida, mostra os estudos com avaliação baseada em indicadores e o processo de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade. A quarta seção descreve o

desenvolvimento da estrutura. A quinta seção fornece uma visão geral de ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro selecionadas, quais sejam: BREEAM Communities, CASBEE-UD, LEED-ND, Acqua Bairros e Loteamentos, 2030 Districts e Livability Index, juntamente com uma análise comparativa. A sexta seção apresenta os métodos e técnicas utilizados no desenvolvimento desta pesquisa, enquanto a última seção conclui o capítulo com um resumo da literatura principal.

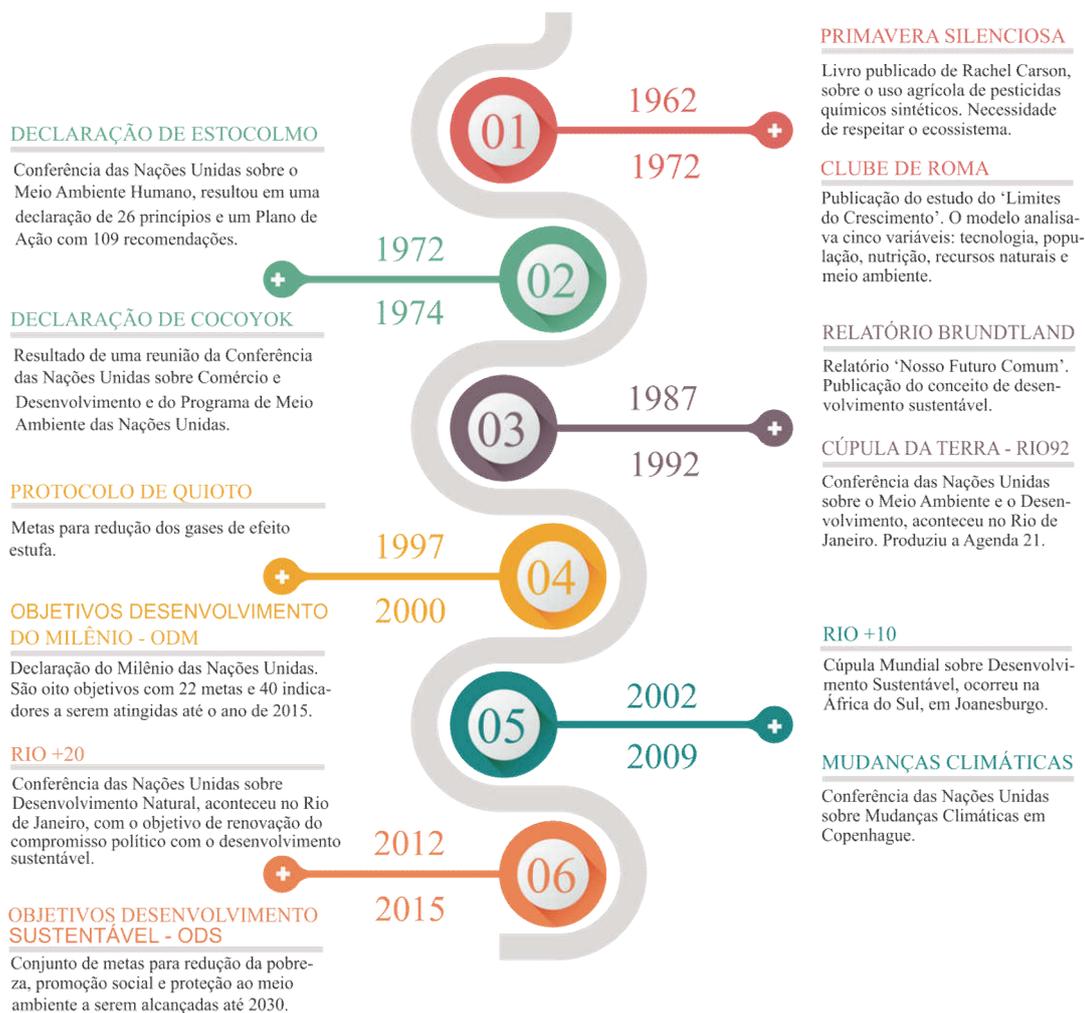
2.1 Desenvolvimento urbano sustentável

O desenvolvimento sustentável tem sido objeto de discussões políticas, profissionais e acadêmicas há mais de 50 anos. Ao longo desse período, inúmeras iniciativas (Figura 2) foram realizadas com o mesmo objetivo: a obtenção de um equilíbrio entre o meio ambiente, o desenvolvimento econômico e os assentamentos humanos. Encontros internacionais culminaram na publicação do Relatório de Brundtland (1987), com a apresentação do conceito de desenvolvimento sustentável: “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (UNITED NATIONS, 1987).

A definição de desenvolvimento sustentável elaborada pela Comissão de Brundtland é considerada, cada vez mais, como um conceito válido, porém impreciso, aberto a diferentes interpretações e frequentemente contraditórias, embora continue sendo a principal referência em escala internacional (COSTA, 2000; EDWARDS, 2004; FU; ZHANG, 2017; POPE; ANNANDALE; MORRISON-SAUNDERS, 2004; VAN BELLEN, 2002).

A conceituação dos termos “desenvolvimento sustentável”, “sustentabilidade”, perpassa por diversas interpretações e entendimentos etimológicos. Nesse sentido, Gallopín (2003, p. 20) menciona a diferença entre os conceitos na medida em que a palavra “desenvolvimento” aponta claramente para a ideia de mudança, de mudança direcional e progressiva. Para o autor o que deve se tornar sustentável “é o processo de melhoria da condição humana (ou melhor, do sistema socioecológico ao qual os humanos pertencem), um processo que não necessariamente requer crescimento indefinido no consumo de energia e materiais”. Para Maclaren (1996, p. 185) uma forma de diferenciá-los “é pensar na sustentabilidade como descrevendo uma condição ou conjunto desejável de condições que persistem ao longo do tempo”.

Figura 2: Marcos históricos do desenvolvimento sustentável



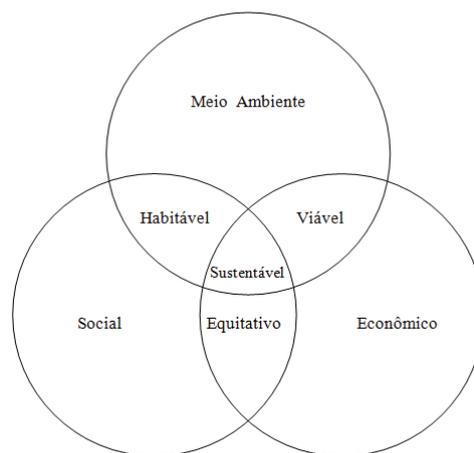
Fonte: Adaptado de ONUBR, 2017; UNEP, 2002; VAN BELLEN, 2004.

O termo desenvolvimento sustentável para Daly (2004, p. 198) faz sentido para a economia, se entendido como desenvolvimento sem crescimento. Na diferenciação do significado entre crescer (“quando algo cresce fica maior”) e desenvolver (“quando algo se desenvolve torna-se diferente”), o autor afirma que o crescimento sustentável é impossível. A justificativa posta pelo autor é de que “o ecossistema terrestre desenvolve-se (evolui), mas não cresce. Seu subsistema, a economia, deve finalmente parar de crescer, mas pode continuar a se desenvolver”. Em contraponto, a palavra desenvolvimento no termo “desenvolvimento urbano sustentável” implica em um processo pelo qual a sustentabilidade pode ser alcançada (MACLAREN, 1996, p. 185).

Corroborando com as colocações, Tanguay *et al.* (2010, p. 407) mencionam que o desenvolvimento deve ser equitativo (interação entre a dimensão econômica e social),

habitável (correspondência do meio ambiente com as necessidades sociais, que pode se referir ao conceito de qualidade de vida) e viável (o desenvolvimento econômico deve atender a capacidade de suporte dos ecossistemas, e o esgotamento de recursos não renováveis deve ser evitado). Essas dimensões são representadas na Figura 3.

Figura 3: Dimensões do desenvolvimento sustentável



Fonte: Adaptado de TANGUAY *et al.*, 2010, tradução nossa.

A conceituação da sustentabilidade urbana é explorada nos estudos de Huang, Wu, Yan (2015). Os autores apresentam um quadro com diversas definições de sustentabilidade urbana derivadas do conceito de sustentabilidade, com foco no bem-estar humano a longo prazo, no equilíbrio das três dimensões, na minimização do consumo de recursos e danos ambientais, na maximização da eficiência do uso de recursos e na garantia da equidade e democracia.

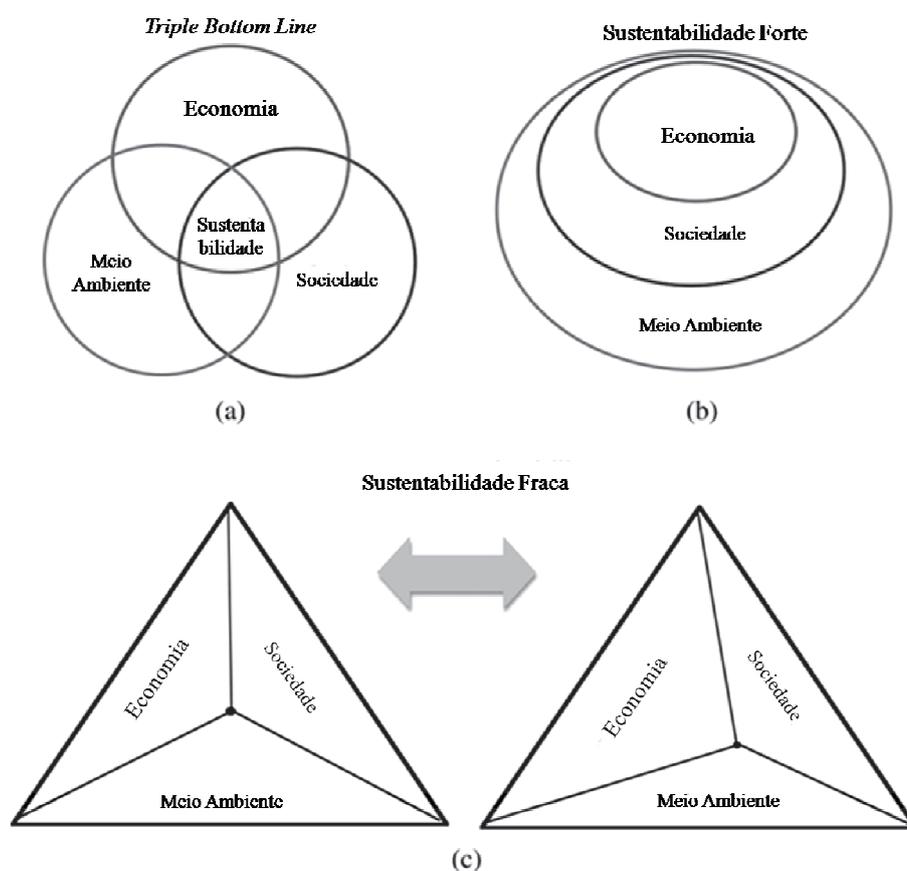
Para Pope, Annandale, Morrison-Saunders (2004) muitos conceitos de sustentabilidade estão baseados no conceito do *Triple Bottom Line* (TBL) ou três pilares. A Declaração de Joanesburgo sobre Desenvolvimento Sustentável (UNITED NATION, 2002), coloca que a sustentabilidade do TBL tem três pilares de desenvolvimento sustentável que se reforçam mutuamente, nomeadamente o desenvolvimento econômico, o desenvolvimento social e a proteção ambiental.

O conceito de *Triple Bottom Line* da sustentabilidade define os principais domínios constituintes do desenvolvimento sustentável (Figura 4). Neste ponto, a sustentabilidade é percebida como a posição em que esses três pilares interagem e criam uma plataforma comum, onde em cada um dos três domínios, certos elementos precisam ser sustentados e

outros desenvolvidos para que a sustentabilidade seja alcançada (POPE; ANNANDALE; MORRISON-SAUNDERS, 2004; WU; WU, 2012).

No entanto, a inter-relação entre as dimensões apresenta controvérsias, particularmente no grau de substituição entre o capital natural e o capital humano, fomentando um debate sobre “sustentabilidade fraca” (c) versus “forte sustentabilidade” (b) (GALLOPÍN, 2003; HUANG; WU; YAN, 2015; WU; WU, 2012).

Figura 4: Composição das dimensões da sustentabilidade e suas relações



Fonte: Adaptado de WU; WU, 2012, tradução nossa.

Na Figura 4 (b) a forte sustentabilidade é representada com três círculos aninhados, implicando que o ambiente fornece recursos naturais e serviços ecossistêmicos necessários para o desenvolvimento econômico e social - portanto, a substituição mútua entre capital natural e capital humano não é sensata (WU; WU, 2012). Ekins (2011, p. 633, tradução nossa) complementa “é seriamente limitada por características ambientais tais como irreversibilidade, incerteza e a existência de componentes "críticos" do capital natural, que fazem uma contribuição única ao bem-estar”.

Nesse caso, o desenvolvimento econômico depende tanto do capital social quanto do ambiental, enquanto os processos econômicos e sociais influenciam as condições ambientais (WU; WU, 2012). E o desenvolvimento urbano não pode ser sustentável sem um ambiente saudável (HUANG; WU; YAN, 2015).

A fraca sustentabilidade centra-se na obtenção de um nível não decrescente do capital global, permitindo simultaneamente a substituição mútua entre os três pilares da sustentabilidade (Figura 4c) (WU; WU, 2012; GALLOPÍN, 2003), embora com exceções (EKINS, 2011). Em outros termos, os recursos naturais esgotados podem ser substituídos por manufaturados, e os serviços ecossistêmicos degradados podem ser substituídos por algumas formas equivalentes derivadas do capital humano. Nesse caso, a rápida urbanização com rápido crescimento econômico e declínio da qualidade ambiental pode ser considerada sustentável (HUANG; WU; YAN, 2015).

2.1.1 Dimensões da Sustentabilidade

No entendimento de que a cidade sustentável precisa encontrar um equilíbrio entre forma urbana, equidade social, diversidade cultural, desenvolvimento econômico e eficiência ambiental, Leite e Awad (2012) mencionam ser necessário que a cidade opere com um modelo de desenvolvimento urbano que gerencie de forma eficiente os recursos necessários ao seu funcionamento.

Dessa forma, o Departamento das Nações Unidas para Assuntos Econômicos e Sociais – UNDESA (2013) desenvolveu estratégias para a construção de cidades sustentáveis, propondo um quadro com abordagens integradas, visando melhorar as sinergias e as eficiências entre as atividades, tais como: transporte público, consumo de energia, biodiversidade e saúde humana. Neste quadro desenvolvido pela UNDESA (2013) há a inclusão de uma quarta dimensão: governança urbana eficaz.

Novas dimensões da sustentabilidade são introduzidas à medida que novos estudos são estabelecidos sob diferentes perspectivas, como por exemplo, a publicação da UNDESA. Esta multiplicidade de abordagens converge para um consenso entre a maioria dos autores, as dimensões: econômica, social e ambiental. Todas são importantes, uma vez que estão conectadas entre si. O Quadro 1 reúne definições das dimensões de sustentabilidade na perspectiva de alguns autores.

Quadro 1: Definições das dimensões da sustentabilidade

Dimensão	Definição	Fonte
Ambiental	“exige que o capital natural permaneça intacto. Isso significa que as funções de origem e destino do ambiente não devem ser degradadas. Portanto, a extração de recursos renováveis não deve exceder a taxa na qual eles são renovados, e a capacidade de absorção ao meio ambiente para assimilar os resíduos não deve ser excedida. Além disso, a extração de recursos não renováveis deve ser minimizada e não deve exceder os níveis estratégicos mínimos acordados”	Gilbert <i>et al.</i> , 1996, p. 662 <i>apud</i> Reith; Orova, 2015
	“manter a biocapacidade do território e minimizar o impacto sobre o meio ambiente e a paisagem global e local das atividades que se desenvolvem nele, favorecendo as que contribuem para a restauração dos ciclos naturais”	Zorraquino; Duarte; Aja, 2013, p. 7
	“a manutenção de importantes funções ambientais e, portanto, a manutenção da capacidade do estoque de capital para fornecer essas funções”	Ekins, 2011, p. 637
	“refere-se a um certo equilíbrio e manutenção dos ecossistemas, conservação e manutenção de um fluxo genético de espécies, o que garante a resiliência face a impactos externos. Inclui também a manutenção de recursos naturais abióticos e o que é chamado de integridade climática (um clima com a menor interferência humana possível)”	Foladori, 2002, p.623
	“relacionada aos objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais para a qualidade de vida das gerações atuais e em benefício das gerações futuras”	IBGE, 2015, p. 13
	“uma condição de equilíbrio, resiliência e interconectividade que permite à sociedade humana satisfazer suas necessidades, sem exceder a capacidade de seus ecossistemas de apoio para continuar a regenerar os serviços necessários para atender a essas necessidades, nem por nossas ações, diminuindo a diversidade biológica”	Morelli, 2011, p. 5
Econômica	“ocorre quando o desenvolvimento, que se move em direção à sustentabilidade social e ambiental, é financeiramente viável”	Gilbert <i>et al.</i> , 1996, p. 662 <i>apud</i> Reith; Orova, 2015
	“maximizar social e ambientalmente os recursos econômicos gerenciados pelas administrações públicas e fomentar o desenvolvimento econômico associado aos recursos humanos, energéticos e materiais locais”	Zorraquino; Duarte; Aja, 2013, p. 7
	“se ocupa da eficiência dos processos produtivos e das alterações nas estruturas de consumo orientadas a uma reprodução econômica sustentável de longo prazo”	IBGE, 2015, p. 14
Social	“requer que a coesão da sociedade e sua capacidade de trabalhar em prol de objetivos comuns sejam mantidas. Necessidades individuais, como as de saúde e bem-estar, nutrição, abrigo, educação e expressão cultural devem ser atendidas”	Gilbert <i>et al.</i> , 1996, p. 662 <i>apud</i> Reith; Orova, 2015
	“incrementar a qualidade de vida em termos de saúde, de conforto e de bem-estar e coesão social”	Zorraquino; Duarte; Aja, 2013, p. 7
	“objetivos ligados à satisfação das necessidades humanas, à melhoria da qualidade de vida e à justiça social”	IBGE, 2015, p. 14
	“evoluiu para destacar a importância da participação social e o aumento de potencialidades e qualidades de pessoas na construção de um futuro mais justo”	Foladori, 2002 p. 635

Dimensão	Definição	Fonte
Institucional	“orientação política, capacidade e esforço despendido por governos e pela sociedade na implementação das mudanças requeridas para uma efetiva implementação do desenvolvimento sustentável”	IBGE, 2015, p. 14
	“as atividades de uma determinada instituição relacionadas à facilitação da tomada de decisões e implementação de políticas de sustentabilidade”	Pfahl, 2005, p. 8

Fonte: Autora, 2018 com base nos autores citados, tradução nossa.

As definições conceituais apresentadas desempenham papel relevante na formulação de propostas que consideram as dimensões da sustentabilidade como sinalizadores para a qualidade do espaço urbano e para a formulação de indicadores de sustentabilidade. Os aspectos relacionados às dimensões ambiental, econômica, social e institucional e suas diversas formas de interação são expostos a seguir.

A) Dimensão ambiental

A dimensão ambiental está relacionada à biosfera e às funções ambientais que desempenha. Segundo Ekins (2011, p. 631, tradução nossa) as funções se relacionam “à provisão de recursos, à absorção de resíduos e à prestação de uma gama de serviços ecossistêmicos”. Além de proporcionar inúmeros benefícios para os seres humanos, incluindo insumos para a economia, e a manutenção de condições favoráveis à saúde e ao bem-estar humano. Considerando as definições citadas no quadro acima há uma convergência entre a visão dos autores para abordagens que levem em consideração um equilíbrio entre a ação antrópica e o capital natural.

A abordagem inicial relacionada à dimensão ambiental se concentrava na perspectiva da conservação e da preservação vinculada à natureza, distante dos aspectos sociais e econômicos. Aos poucos essa visão foi sofrendo modificações, passando a considerar as intervenções da sociedade na formação de ordem espacial, assim como à criação e à manutenção adequadas de áreas habitadas (PAWLOWSKI, 2008).

O processo de formação do meio urbano e o aumento da atividade econômica humana ressaltaram a imprudência na utilização dos recursos, ocasionando impactos ambientais desde o início da industrialização. Nesse ponto, Daly (2004, p. 200) corrobora com algumas diretrizes de políticas para o desenvolvimento sustentável relacionadas com a maneira de exploração dos recursos renováveis: “(1) as taxas de colheita não excedam as

taxas de regeneração; (2) as emissões de resíduos não excedam a capacidade assimilativa renovável do meio ambiente local. Os recursos não-renováveis deveriam ser esgotados a uma taxa igual à taxa de criação de substitutos renováveis”.

Uma das questões discutidas é a ameaça que a degradação ambiental representa à habitabilidade a longo prazo, bem como ao desenvolvimento (EKINS, 2011). Nucci (1998, p. 213) analisando o ambiente urbano com a finalidade de determinar a qualidade ambiental urbana e considerando as interferências decorrentes de adensamentos humanos, propõe os seguintes atributos: uso do solo, poluição, déficit de espaços livres públicos, verticalidade das edificações, enchentes, densidade populacional e cobertura vegetal, como importantes na determinação de avaliações desta dimensão.

Na escala de bairro, a abordagem ambiental se relaciona à energia, consumo de água, resíduos, tratamento de esgoto, biodiversidade, materiais, entre outros (MARIQUE; REITER, 2011; MEZZOMO; BORGES JUNIOR; GONÇALVES, 2018; WILLIAMS; DAIR, 2007). As áreas verdes proporcionam espaços de convivência ao ar livre e melhoram a qualidade de vida, permitindo que os moradores tenham contato com os recursos naturais, além de melhorar o clima urbano (ABU KASIM *et al.*, 2019; HAQ, 2011). A poluição sonora é um fator que perturba a qualidade de vida das pessoas, principalmente o ruído do tráfego (BAHADURE; KOTHARKAR, 2018).

B) Dimensão Econômica

A dimensão econômica se relaciona com o gerenciamento eficiente dos recursos, modelo de produção equilibrada com o meio ambiente, consumo consciente para proporcionar o desenvolvimento a longo prazo. Além de estimular a oferta de emprego preconizando estabelecer a diminuição das desigualdades de renda, contribuindo para a redução da pobreza.

A sustentabilidade econômica no planejamento urbano está relacionada a questões sobre o financiamento das infraestruturas, transporte e utilidades necessárias ao ambiente construído para acomodar o processo de desenvolvimento urbano e o emprego de recursos associados a isso (DEAKIN; CURWELL; LOMBARDI, 2002).

Em escala de bairro, a sustentabilidade econômica inclui oferta de estabelecimentos comerciais, atrelado a uma população suficiente para justificar sua instalação, permitindo compras locais, mas também como um modesto fornecedor de emprego dentro do bairro (CHOGUILL, 2008). Além de promover moradias mistas, com preços acessíveis, a fim de

possibilitar uma variedade de grupos socioeconômicos (RACO, 2007; YIGITCANLAR; KAMRUZZAMAN; TERIMAN, 2015).

C) Dimensão Social

A dimensão social inclui costumes e tradições, cultura, relações interpessoais e condições de vida (PAWLOWSKI, 2008). Para Deakin, Curwell e Lombardi (2002), as questões sociais nos assentamentos humanos dizem respeito, entre outras coisas, ao acesso a serviços, segurança e proteção, saúde humana e bem-estar em geral.

Sob o enfoque do contexto urbano no nível de bairro, a dimensão social se relaciona à equidade social e à sustentabilidade da comunidade (DEMPSEY *et al.*, 2011). Segundo os autores, a primeira está associada à exclusão social e ambiental. Quando a equidade social é percebida pela perspectiva negativa constata as desigualdades sociais decorrentes do processo de urbanização excludente dos países em desenvolvimento. O crescente processo de favelização e a degradação das áreas urbanas chamam a atenção para as condições de acesso às políticas de infraestrutura urbana. Vista por Bichir (2009, p. 76) “como fundamental na conformação do espaço urbano e na distribuição heterogênea de benefícios públicos entre os diversos segmentos da população e entre as diferentes áreas da cidade”. A sustentabilidade da comunidade envolve interação social entre os membros da comunidade, existência e participação em instituições coletivas, níveis de confiança, incluindo questões de segurança, senso de lugar (BERARDI, 2013; DEMPSEY *et al.*, 2011; YIGITCANLAR; KAMRUZZAMAN; TERIMAN, 2015).

Os conceitos apresentados no Quadro 2 versam sobre a seguridade da qualidade de vida e bem-estar geral, incorporando a garantia ao acesso à saúde, à educação e à habitação, com apoio e incentivo à participação social nas decisões. O fácil acesso a várias comodidades melhora a habitabilidade da comunidade (BAHADURE; KOTHARKAR, 2018; KARUPPANNAN; SIVAM, 2011; WILLIAMS; DAIR, 2007).

Como a conceituação da sustentabilidade social incorporou conceitos inter-relacionados incluindo comunidades sustentáveis, qualidade de vida, coesão social e, mais recentemente, habitabilidade e bem-estar, Dempsey *et al.* (2011) com o intuito de contribuir para a interpretação do ambiente social e físico fornecem uma lista de fatores ilustrados no Quadro 2.

Quadro 2: Fatores para interpretação do ambiente social e físico

Fatores não físicos	Fatores predominantemente físicos
Educação e treinamento	Urbanidade
Justiça social: inter e intra-geracional	Região com público atraente
Participação e democracia local	Habitação apropriada
Saúde, qualidade de vida e bem-estar	Qualidade ambiental local e comodidade
Inclusão social (e erradicação da exclusão social)	Acessibilidade (por exemplo: para serviços e instalações locais / emprego / espaço verde)
Capital social	Urbanismo sustentável
Comunidade	Vizinhança
Segurança	Caminhabilidade
Ocupação mista	
Distribuição justa de renda	
Ordem e coesão social	
Coesão da comunidade (ou seja, coesão entre diferentes grupos)	
Redes sociais	
Interação social	
Senso de comunidade e pertencimento	
Emprego	
Estabilidade residencial (vs volume de negócios)	
Organizações comunitárias ativas	
Tradições culturais	

Fonte: DEMPSEY *et al.*, 2011, p. 291.

D) Dimensão Institucional

As questões institucionais referem-se à governança, justiça e ética dos padrões de assentamento sujeitos ao desenvolvimento urbano (DEAKIN; CURWELL; LOMBARDI, 2002). A dimensão institucional foi sugerida na Agenda 21 (UNITED NATION, 1996), passando a ter indicadores para monitoramento a partir do ano de 1995, quando a Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável começou a avaliar o progresso que os membros da Organização das Nações Unidas haviam feito na implementação da Agenda 21 (PFAHL, 2005).

Para o desenvolvimento de ferramentas de avaliação de sustentabilidade alguns autores sugerem a inclusão do pilar institucional para possibilitar melhor equidade na distribuição dos indicadores (DAWODU; AKINWOLEMIWA; CHESHMEHZANGI, 2016; SHARIFI; MURAYAMA, 2013; VALENTIN; SPANGENBERG, 2000).

Para abordar a dimensão institucional da sustentabilidade, se torna necessário a definição do termo instituição. As instituições analisadas pelas ciências políticas estão envolvidas com as regras pelas quais a tomada de decisão e a implementação política são estruturadas (SPANGENBERG, 2004). Também podem ser percebidas como estruturas e mecanismos de ordem social e cooperação que regem o comportamento de um conjunto de indivíduos (VOGELPOHL; AGGESTAM, 2012).

Para a sociologia as instituições descrevem algo que ajuda os indivíduos a facilitar a tomada de decisões na vida cotidiana, oferecendo orientação ao interpretar as ações dos outros e definindo o papel de uma pessoa em um contexto particular da sociedade (PFAHL, 2005).

Com base nas conceituações do campo sociológico Pfahl (2005) menciona que as funções das instituições no contexto do desenvolvimento sustentável são facilitar a tomada de decisões e coordenar as atividades humanas. De acordo com o autor, o papel desempenhado pelas instituições se relaciona a uma entidade intermediária que equilibra interesses e, ao mesmo tempo, trabalha em direção a metas políticas específicas.

Segundo Spangenberg (2004) as organizações políticas abrangem tanto as entidades sociais, aparecendo como atores em processos políticos, quanto os sistemas de regras, estruturando o comportamento político e facilitando as orientações da sociedade.

No contexto brasileiro, a participação das entidades sociais e da população para a política urbana é mencionada no artigo 2º, II do Estatuto da Cidade: “gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano” (BRASIL, 2001). A participação pública é vista por Zhang, Yung e Chan (2018) como um pré-requisito para o planejamento bem-sucedido da vizinhança. Choguill (1996) sugere uma classificação provisória para a avaliação da participação nos países subdesenvolvidos, com base no grau de envolvimento institucional externo em termos de facilitação / execução de projetos comunitários de ajuda mútua. Esses níveis de envolvimento são arranjos na forma de uma escada composta dos seguintes degraus: capacitação, parceria, conciliação, dissimulação, diplomacia, informação, conspiração e autogestão.

A participação comunitária no nível de bairro contribui para identificar os setores prioritários e em certa medida com o planejamento urbano contemporâneo, apesar de estudos constatarem que a participação permanece restrita no que diz respeito ao planejamento dos recursos urbanos (NOP; THORNTON, 2020).

2.1.2 Sustentabilidade na etapa de planejamento urbano

As cidades surgiram e estão se desenvolvendo sob uma visão de mundo expansionista que as trata como sistemas abertos impulsionados por combustíveis fósseis e

industrialização, muito diferente da concepção de cidade sustentável (JEPSON JR., 2009). A abordagem mencionada pelo autor está ligada ao que ocorreu nas cidades brasileiras, que devido a êxodo rural e desenvolvimento da industrialização apresentaram um processo de urbanização acelerado e descontrolado, gerando impactos sociais e ambientais. Houve o surgimento de diversos problemas urbanos, tais como: oferta insuficiente de infraestrutura básica de rede de água, de esgoto e habitação, provocando o adensamento das bordas urbanas, falta de coleta de lixo, inexistência de equipamentos comunitários e de lazer, transporte público ineficiente, falta de acessibilidade a algumas comunidades, desigualdade social, pobreza e degradação ambiental. Estes aspectos expõem a fragilidade do planejamento urbano e da gestão praticado na maioria das cidades, os quais afetam diretamente os bairros.

Diante desses aspectos, a sustentabilidade passou a ser inserida nas proposições do planejamento urbano. Esse planejamento deve se preocupar com as questões sociais e ambientais, juntamente com medidas de planejamento estratégico, ligados a princípios de desenho urbano que apoiem as iniciativas locais e de âmbito comunitário. A UN-HABITAT (2010, p. 6, tradução nossa) menciona que um “planejamento urbano adequado é a chave para reduzir o abismo urbano e é uma ferramenta essencial para tornar as cidades inclusivas”.

De acordo com Souza (2004), planejar significa tentar prever a evolução de um fenômeno, da mesma forma que o planejamento é a preparação para a gestão futura, buscando-se evitar ou minimizar problemas. O autor afirma que o planejamento é uma estratégia de desenvolvimento sócio-espacial. Planejamento e gestão vistos pela ótica da ciência social são estratégias de desenvolvimento urbano, cuja especial finalidade é a superação de problemas de injustiça social, visando uma mudança social positiva, e de melhoria da qualidade de vida (SOUZA, 2004).

Em contraponto, Acselrad (2004, p. 36) apresenta as contradições espaciais verificadas na cidade, em decorrência da crise urbana, como a dualidade da segregação sócio-espacial, com a implantação de condomínios fechados configurando áreas mais protegidas em detrimento a áreas submetidas a todo tipo de risco urbano. Nesse sentido, o autor cita que “a “sustentabilidade urbana” tende a se reduzir a um artifício discursivo para dar às cidades um atributo a mais para atrair capitais através da dinâmica – via de regra predatória – da competição interurbana”.

Dessa maneira, o papel dos gestores é observado por estarem à frente das proposições do planejamento urbano. Jepson Jr. (2009) menciona que a busca pela construção de um caráter comunitário sustentável depende da contribuição específica dos planejadores em termos de educação, mobilização e adaptação. O papel das instituições como facilitador e instrumento para a implementação de políticas é visto por Pfahl (2005) como relevante, no contexto da elaboração de recomendações de políticas para minimizar os impactos negativos e maximizar os impactos positivos.

Além de salientar que um dos papéis mais importantes é “liderar o desenho de indicadores que meçam com precisão o status da comunidade em relação às suas condições sociais, uso de recursos e efeito sobre a natureza e o meio ambiente” (JEPSON JR., 2009, p. 110). Esse posicionamento reforça abordagens desenvolvidas do tipo *top down* (de cima para baixo), como por exemplo, os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável produzidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e os mais recentes, NBR ISO 31720: 2017 - Desenvolvimento Sustentável das Comunidades (ABNT, 2017).

Muitos estudos apontam para a participação da comunidade, abordagem *bottom up* (de baixo para cima), para selecionar e escolher indicadores relevantes para monitorar e orientar o planejamento em direção ao desenvolvimento sustentável (FRASER *et al.*, 2005; HAPPIO, 2012; REED; FRASER; DOUGILL, 2006). Um processo integrado de ambas as abordagens foi proposto por Reed, Fraser e Dougill (2006) e aplicado por Turcu (2013), uma abordagem mais detalhada encontra-se no item 2.5.1 desta pesquisa.

O desenvolvimento de bairros habitáveis e ecológicos iniciou a partir do século XX, quando foi proposto o movimento Garden City, de Ebenezer Howard. Mas foi somente em 1929, quando Clarence Arthur Perry propôs o 'conceito de unidade de bairro', que o planejamento em escala de bairro foi formalmente considerado pelos profissionais no processo de planejamento residencial (ROHE, 2009). Desde então, o planejamento baseado na vizinhança atraiu gradualmente os interesses dos planejadores e se desenvolveu de forma abrangente no setor e no meio acadêmico. Muitos estudiosos argumentam que os bairros são as unidades de identidade mais reconhecíveis e viáveis e é nesse nível que devem ser tomadas ações para personalizar as alternativas de planejamento. Nesse sentido, identificam princípios fundamentais do que constitui uma comunidade sustentável (CHOGUILL, 2008; LUEDERITZ; LANG; VON WEHRDEN, 2013; RACO, 2007) e, comportamentos sustentáveis (WILLIAMS; DAIR, 2007).

2.2 Compreendendo o bairro como unidade socioterritorial urbana

2.2.1 Definição e características do bairro

O entendimento relacionado ao significado de bairro em uma cidade está ligado à sua evolução e à sua natureza (ROSSI, 2001), havendo uma diversidade de definições. Inicialmente, a abordagem perpassa pelo ensaio realizado por Souza (1989) acerca da epistemologia do termo em diversos idiomas comparando as definições e apresentando o entendimento que cada país possui em relação ao vocábulo bairro. O autor menciona que na língua francesa o *quartier* designa uma realidade similar à do bairro. Já a palavra inglesa *neighbourhood* parece ocupar uma escala intermediária entre a *unité de voisinage* e o *quartier*. Tendo em vista que os princípios que o definem são as relações de tipo primárias, pode ser considerado, sob a visão do autor, mais próximo da *unité de voisinage* francesa.

Outro referencial inglês é o *district* que se define pelas relações de ordem secundária, dessa maneira se aproxima mais do bairro e do *quartier* (SOUZA, 1989). A respeito da função dos distritos Jacobs (2014, p. 89-90) descreve: “precisam ajudar a implantar os recursos típicos da cidade onde eles são mais necessários para os bairros e devem ajudar a traduzir a vivência real dos bairros em políticas e metas para a cidade como um todo” e coloca que um distrito bem-sucedido “serve de mediador entre as vizinhanças que são indispensáveis, mas não têm força política” (JACOBS, 2014, p. 89).

O conceito de bairro apresentado por Rossi (2001, p. 70) relaciona o bairro à morfologia social como “uma unidade morfológica estrutural, sendo caracterizado por uma paisagem urbana, um conteúdo social e uma função”. Para Lefebvre (1978) o bairro seria o ponto de contato mais acessível entre o espaço geométrico e o espaço social, o ponto de transição entre um e outro. Para o referido autor:

O bairro é uma pura e simples sobrevivência [...] é uma unidade sociológica relativa, subordinada, que define a realidade social [...] É ele o maior dos pequenos grupos sociais e o menor dos grandes. A proximidade no espaço e no tempo substituem as distâncias sociais, espaciais e temporais (LEFEBVRE, 1978, p. 201, tradução nossa).

Lynch (1982, p. 74) menciona que “os bairros são áreas relativamente grandes da cidade, nas quais o observador pode penetrar mentalmente e que possuem algumas características em comum”. O autor lista algumas características físicas que acredita

determinarem os bairros: textura, espaço, forma, detalhe, símbolo, tipo de construção, usos, atividades, habitantes, estados de conservação, topografia (LYNCH, 1982, p. 75).

Na sua obra sobre estruturação urbana Gonzalez (1994, p. 89) define bairro como sendo “uma área delimitada dentro da cidade, com dimensões variadas (raio de 400 a 500m ou 64 a 100 ha)” formando um organismo mais amplo integrador da comunidade. Essa área é composta “pela associação de quatro a seis unidades de habitação” com a presença de um centro onde estão localizados os equipamentos de uso periódico com certa especialização.

A escala de bairro considerada por Santos (1988) seria composta por quatro conjuntos de unidades de vizinhança com nove quarteirões cada. Em resumo, o autor indica que um quarteirão seja composto por 20 a 48 lotes, o conjunto de nove quarteirões formam a unidade de vizinhança e 36 quarteirões formariam um bairro.

Com relação às divisões do espaço urbano para a definição de unidades de leitura da paisagem urbana, morfologia e forma urbana, autores utilizam abordagens em três denominações. Rossi (2001, p. 34) se apropria da divisão em três escalas da paisagem urbana que o geógrafo Tricart estabelece: a) a escala da rua que compreende as construções e os espaços construídos que a circundam, b) a escala do bairro constituído por um conjunto de quarteirões com características comuns e c) a escala de toda a cidade, considerada como um conjunto de bairros.

Similarmente às escalas de Tricart, Lamas (1993) apresenta uma divisão em três dimensões para sistematizar o conhecimento do espaço urbano. A dimensão setorial é a menor porção de espaço urbano, com forma própria. Neste espaço, os elementos identificáveis são os edifícios, o traçado, a estrutura verde e o mobiliário urbano. A segunda dimensão apresentada pelo autor se refere à dimensão urbana que pressupõe uma estrutura de ruas, praças, quarteirões e monumentos. A terceira dimensão é a territorial que se define pela distribuição dos seus elementos primários ou estruturantes (bairros, zonas verdes e grandes infraestruturas viárias).

Jacobs (2014) apresenta sua divisão tríade relacionada à unidade intermediária dos autores citados anteriormente, pois considera o bairro como órgãos autogeridos, achando produtivos três tipos: “(1) a cidade como um todo; (2) a vizinhança de rua; e (3) distritos extensos, do tamanho de uma subcidade, compostos por 100 mil habitantes ou mais, no caso de cidades maiores” (JACOBS, 2014, p. 87). A autora apresenta considerações para cada tipo citado, fazendo referência ao número de pessoas que seriam necessárias para a

configuração de uma unidade de vizinhança e de um distrito, relacionando-os com o tamanho da cidade e o papel desempenhado por cada tipo no cenário urbano. Dessa maneira, menciona que uma unidade de vizinhança poderia ser constituída por cerca de sete mil pessoas e ser capaz de “conter uma escola elementar e para manter lojas de conveniência e um centro comunitário” (JACOBS, 2014, p. 85).

A unidade de vizinhança foi tema de estudo de Clarence Perry, iniciado em 1908 e publicado em 1929 como parte do Plano Regional de Nova York e seu entorno. Perry definiu seis princípios básicos para a organização de uma unidade de vizinhança: escola, espaços abertos, equipamentos comunitários, áreas comerciais, limites e vias locais (CASTELLO, 2008; ROHE, 2009). A proposta consistia em um centro rodeado de edificações cívicas, onde 10% da área da unidade destinada a espaços abertos, as áreas comerciais localizadas na periferia da unidade, preferencialmente em cruzamentos de vias arteriais, possibilitando acesso por outras unidades. Os limites físicos bem definidos, constituídos por vias arteriais e rotas de grande fluxo, uma rede de vias locais estreitas procurando manter um baixo fluxo viário, possuir população suficiente para manter uma escola de ensino fundamental, previsão para a época de 5.000 habitantes. A proposta divulgada por Perry estabelecia uma distância máxima de deslocamento a ser percorrida de 400 metros, onde já estaria previsto o raio de influência do estabelecimento de ensino e dos outros equipamentos comunitários. A unidade ocuparia cerca de 64 hectares, com densidade aproximada de 25 famílias por hectare, totalizando 125 hab./ha (CASTELLO, 2008; FARR, 2013).

A unidade proposta por Clarence foi adotada por outros planejadores, acredita-se que a unidade de bairro seja utilizada pelo menos em parte, até os dias atuais. A fórmula da unidade de bairro de Perry forneceu um modelo de como áreas poderiam ser replanejadas, após a Segunda Guerra Mundial e serviu de base para o desenvolvimento do *Traditional Neighborhood Development* – TND. Porém o modelo recebeu algumas críticas, dentre elas, a discriminação, principalmente de famílias negras e de baixa renda, pois o modelo defendia a homogeneidade social, que segundo Perry facilitaria a convivência. Outra crítica se referia à unidade de vizinhança ignorar as necessidades de idosos e adultos solteiros (ROHE, 2009).

O TND é uma proposta vinculada aos princípios do Novo Urbanismo, desenvolvido na década de 1980 pelos arquitetos Andrés Duany e Elizabeth Plater-Zyberk, em reação às deficiências percebidas do *Planned Unit Development* – PUD. O modelo propõe usos

mistos, incluindo uma variedade de tipos e custos de moradias, lojas, escolas e locais de trabalho; desenvolvimento de moderada a alta densidade, incluindo pequenos lotes unifamiliares, empreendimentos multifamiliares e edifícios de vários andares; alinhamento com o traçado das ruas locais, inclui estacionamento de automóveis e garagens nos fundos das unidades, alcançados através de unidades de serviço; acesso conveniente ao transporte de massa; estabelece a distribuição de um parque por quadrante (CASTELLO, 2008; FARR, 2013; ROHE, 2009).

Os princípios do TND receberam algumas críticas, ligadas à exclusão da área urbana pois os empreendimentos necessitam de grandes áreas de terra, muitas vezes localizadas na periferia das áreas urbanas existentes, bem como falhas em fornecer moradia para residentes de baixa renda. Outra questão está relacionada ao padrão de traçado das vias, por não ser apropriado para um local que seja montanhoso ou que tenha outras características restritivas. O mesmo problema está no design fixo e unificado das unidades, impedindo que os moradores realizem modificações ao longo do tempo (ROHE, 2009).

Farr (2013) realizou uma análise das propostas de Clarence e do TND do ponto de vista do urbanismo sustentável e constatou que ambos não fazem referência às edificações e à infraestrutura. Complementa com a identificação de que a proposta de Perry não aborda transporte público nem variação na tipologia de habitação, negligencia o valor do rio e desalinha suas ruas dos bairros adjacentes.

A partir das unidades de vizinhança apresentadas anteriormente, Farr (2013, p. 119-120) realiza adaptações para atender às necessidades atuais e resulta em um diagrama do bairro sustentável pautado em cinco distinções: (1) o bairro é um bloco de construção de um corredor de transporte público; (2) a parada de ônibus central é substituída por um modal de transporte de maior intensidade; (3) há infraestrutura de alto desempenho: usina de geração de energia do distrito, iluminação dimerizável nas ruas e um automóvel compartilhado por quadra; (4) a mistura e a densidade permitem habitações livres de automóveis; e (5) caminhos verdes como habitats e infraestrutura dão limites bem definidos aos bairros.

A unidade de vizinhança considerada por Santos (1988, p. 118) é um conjunto de nove quarteirões, onde oito quarteirões são destinados à área residencial e um quarteirão se destina a equipamentos comunitários, áreas verdes e de lazer, serviços, ao abrigo de pequenas estações de serviços de infraestrutura, como por exemplo, estação de água e

esgoto. Gonzalez (1994, p. 88) considera a unidade de vizinhança com dimensões variadas (raio de 200 a 250m ou 16 a 25 ha) onde são localizadas as habitações e os equipamentos de uso mais imediato ou diário.

Park e Rogers (2015) após uma revisão dos principais parâmetros utilizados por urbanistas contemporâneos mostram que os bairros residenciais permanecem com um raio de 400 a 800 metros do centro, como os bairros de Perry, contudo uma escola primária não é mais a instalação principal de um bairro. Outro ponto que colocam para a determinação do tamanho do bairro são os tipos de pontos de venda e a população suficiente para sustentar economicamente esses locais. Assim, no caso de lojas que oferecem itens de uso cotidiano são necessárias, aproximadamente 800 a 1.000 famílias - cerca de 2.500 pessoas - para manter sua viabilidade.

Com base nas considerações apresentadas, relacionadas à indicação de parâmetros o Quadro 3 sintetiza as informações.

Quadro 3: Síntese dos parâmetros considerados para bairros e unidade de vizinhança

	Bairro		Unidade de Vizinhança	
Área de referência	64 a 100 ha	Gonzalez, 1994	16 a 25 ha	Gonzalez, 1994
	52 ha	Santos, 1988	13 ha	Santos, 1988
	64 ha, mínimo 16 ha máximo 80 ha	Farr, 2013	64 ha	Clarence Perry*, TND*
Raio de referência	400 a 500m	Gonzalez, 1994	200 a 250m	Gonzalez, 1994
	Distância a pé de 10 min	Farr, 2013	400m	Clarence Perry*, TND*
População	Suficiente para dar suporte a uma massa crítica de destinos que possam ser acessados por pedestres	Farr, 2013	125 hab/ha	Clarence Perry*
			7 mil hab	Jacobs, 2014
			Pessoas suficientes para abrigar uma escola de ensino fundamental	Clarence Perry*, TND*

Fonte: Adaptado de *CASTELLO (2008); *FARR (2013); GONZALEZ (1994); SANTOS (1988).

Os parâmetros sintetizados demonstram que os modelos procuraram propor novas formas para o desenho urbano, com o intuito de qualificar a vida urbana. Ao estabelecer um raio de referência de 400 m, incentivam o deslocamento a pé dos moradores, reduzem o uso do automóvel, proporcionam a diversidade de serviços, dotam as áreas de espaços abertos e equipamentos comunitários que satisfaçam as necessidades básicas de seus moradores.

2.2.2 Bairros sustentáveis

A definição para bairros sustentáveis expressa por Egan (2004, p.18, tradução nossa) considera os que “atendem às diversas necessidades dos residentes existentes e futuros, seus filhos e outros usuários, contribuem para uma alta qualidade de vida e proporcionam oportunidade e escolha”. Os objetivos alcançados estão relacionados com a maneira de “fazer uso efetivo dos recursos naturais, melhorar o meio ambiente, promover a coesão social e a inclusão e fortalecer a prosperidade econômica”.

No entendimento de Boutaud (2009) um bairro sustentável deve estar baseado na abordagem global do desenvolvimento sustentável, e não estar exclusivamente centrado na abordagem ambiental. Para Sharifi e Murayama (2013) os bairros sustentáveis são vistos como partes essenciais de uma cidade sustentável.

De acordo com Farr (2013, p. 28), o bairro sustentável é consequência da aplicação do urbanismo sustentável no desenvolvimento do projeto, enfatizando que “o apelo pessoal e os benefícios sociais da vida no bairro” se tornam melhores e maiores no momento que “integram cinco atributos: definição, compacidade, totalidade, conexão e biofilia”. O autor conceitua o urbanismo sustentável como “aquele com um sistema de transporte público e com a possibilidade de deslocamento a pé integrado com edificações e infraestrutura de alto desempenho” (FARR, 2013, p. 28).

O autor evidencia, após apresentar estudos de caso de projetos que incorporam premissas do urbanismo sustentável, que os bairros sustentáveis “são mais que conjuntos de tecnologias que economizam energia”, possuem prioridade para o pedestre, diversidade de tipologias habitacionais, valorização do lugar, alta densidade, produção de alimentos, transporte integrado, automóveis compartilhados, espaços abertos, impacto do planejamento no consumo de energia das edificações (FARR, 2013, p. 213).

O surgimento dos bairros sustentáveis data do final do século XX nos países do norte e da Europa Central, como uma forma de experimentação urbana, evidenciada pelo fenômeno das aldeias ecológicas, que se espalharam por várias regiões do mundo nos anos 1960 e 1970, a partir da iniciativa privada, de grupos impulsionados pelo movimento hippie. Na década de 1980, os bairros são propostas de especialistas e profissionais com a inserção dos princípios ambientais nas construções. Em 1990 são construídos no entorno dos grandes eventos esportivos, exposições, e se tornam laboratórios experimentais dos princípios do planejamento urbano do século XXI, com a inclusão das características

sociais, ambientais e econômicas, a todos os empreendimentos desenvolvidos após o ano 2000 (BOUTAUD, 2009).

Muitos bairros urbanos pilotos foram desenvolvidos ou adaptados, muitas vezes definidos como “sustentáveis”. Eles receberam uma cobertura significativa da mídia e foram amplamente elogiados como melhores práticas em termos de planejamento urbano sustentável e arquitetura de baixa energia. Uma investigação analítica, desenvolvida por Marique e Reiter (2011) em bairros sustentáveis europeus (Malmö, Estocolmo, Reino Unido, Hannover, Copenhague, Friburgo e Culemborg) com período de 10 a 15 anos de uso, permitiu algumas observações referentes ao contexto urbano e condições favoráveis, os objetivos em termos de sustentabilidade, as condições de realização, o arranjo financeiro e a comercialização e, o desempenho ambiental, sua avaliação e seu monitoramento.

Com relação ao local de implantação, as áreas são bem localizadas, porém degradadas com necessidade de revitalização, a maioria dos estudos de casos foram implementados pelo poder público. Quanto aos objetivos em termos de sustentabilidade, estão voltados para a redução do consumo de energia, água, resíduos e emissões de gases de efeito estufa. A sustentabilidade social não pode ser reduzida à questão da acessibilidade econômica das habitações, uma porcentagem mínima de habitações sociais é imposta nas especificações, procurando minimizar a gentrificação. O custo de implementação é alto, necessitando de incentivo financeiro do poder público. Outra questão analisada se refere ao monitoramento do desempenho durante o uso, nesse caso foram instalados sistemas de sensores e os autores verificaram o abandono desses sistemas em muitos casos, pela falta de recurso na operação (MARIQUE; REITER, 2011).

Ao concluir as análises Marique e Reiter (2011) argumentam que a reprodução de experiências pilotos é difícil principalmente no que diz respeito às condições financeiras e possíveis falhas relacionadas aos aspectos sociais. No entanto, afirmam ser tecnicamente possível modernizar e construir projetos urbanos mais sustentáveis. A pesquisa de Medved (2016) contribui com essa temática ao propor um quadro conceitual para prover bairros autônomos sustentáveis. O quadro foi criado após o autor compilar boas práticas observadas em bairros sustentáveis na Alemanha (Vauban e Rieselfeld em Freiburg e Französische s Viertel – Südstadt, localizado em Tübingen) e na Suécia (Western Harbour em Malmö e Hammarby Sjöstad, Stockholm).

Com o intuito de contribuir com novas estratégias de planejamento urbano sustentável a Un-Habitat (2014) apresenta cinco princípios que visam promover e/ou criar

bairros sustentáveis, são eles: rede viária eficiente, alta densidade, uso misto do solo, mix social e limite do uso especializado do solo em uma única função. Os princípios fornecem um conjunto de medidas quantitativas que podem ser usadas para analisar um bairro, conforme o Quadro 4:

Quadro 4: Princípios de bairros sustentáveis

Princípio	Recomendação
1 – Rede viária	pelo menos 30% do terreno com 18 km de extensão de rua por quilômetro quadrado
2 – Alta densidade	pelo menos 15.000 pessoas / km ² - 150 pessoas / ha
3 – Uso misto	pelo menos 40% do espaço é locado para uso econômico em qualquer bairro 30 a 50% para residencial 10% para serviço público 40 a 60% para uso econômico
4 – Mix social	20 a 50% da área residencial distribuir com habitação de baixo custo cada tipologia habitacional não deve ser superior a 50% do total
5 – Uso especializado	máximo 10% da área deve ser destinada a função única

Fonte: UN-HABITAT (2014).

O Quadro 5, a seguir, apresenta os empreendimentos planejados brasileiros, no período de 1982-2014. A maior parte destes empreendimentos, em especial os mais antigos, não tinham a premissa de serem bairros sustentáveis. Seu diferencial na época em que foram lançados era serem bairros inteiros planejados, diferente do crescimento espontâneo mais comum nas cidades brasileiras que ocorria a partir de loteamentos. Os projetos brasileiros se configuram como grandes empreendimentos, em sua maioria, localizados em áreas periféricas, com baixa densidade construtiva, com usos diversificados, equipamentos diversos, nova infraestrutura, sistema de segurança, sendo, gerenciadas por empresas responsáveis pelo empreendimento, junto com a associação de bairro criada após sua implantação. Nesse caso, o investimento é privado, com o intuito, na maioria das vezes, de atrair população de alta renda a partir de oferta de boa infraestrutura e empreendimentos de alto padrão, o que não atende aos critérios de sustentabilidade urbana.

Os projetos nacionais recentes possuem apelo publicitário vinculado aos princípios do Novo Urbanismo e certificações LEED-ND. Esses projetos diferem do conceito de bairro sustentável europeu que é mobilizado para promover uma região, mas também para mudar a imagem de uma cidade, ou pelo menos parte dela (MARIQUE; REITER, 2011).

Uma comparação entre as implantações europeias analisadas nos estudos mencionados e os empreendimentos do Quadro 5 revela diferenças em alguns pontos. A provisão habitacional não é realizada pelo poder público, possuem qualidade habitacional

construtiva, porém sem diversidade de tipologias, promovendo a segregação social. Um dos princípios dos bairros sustentáveis é promover os deslocamentos peatonais, incentivando a utilização de transporte não motorizado. No entanto, com a localização dos empreendimentos em áreas periféricas, os deslocamentos acabam sendo realizados por veículos particulares, pela distância/dependência com relação ao centro urbano, contribuindo com as emissões de gases de efeitos estufa. E o desafio se instala entre o planejamento de bairros e as mudanças climáticas globais (ROHE, 2009).

Quadro 5: Empreendimentos planejados no Brasil (1982 – 2014)

Projeto	Data	Área (HA)	Município / Estado	Região
Jurerê Internacional	1982	80	Florianópolis/SC	SUL
Pedra Branca	1999	250	Palhoça / SC	
Quartier	2014	30	Pelotas / RS	
Parque Una	2014	2,7	Pelotas / RS	
Barra da Tijuca	1969	12.000	Rio de Janeiro / RJ	SUDESTE
AlphaVille / Tamboré	1973	500	Barueri / SP	
Riviera de São Lourenço	1983	885	Bertioga / SP	
Villa Flora	2007	80	Sumaré / SP	
Parque Burle Marx	2011	100	Belo Horizonte / MG	
Granja Marileusa	2012	75	Uberlândia / MG	
Entre Verdes	2012	300	Campinas / SP	
Fazenda Itahyê	2014	7,4	Santana de Parnaíba / SP	
Jardim das Perdizes	2014	8,2	São Paulo / SP	
Espaço Cerâmica	2014	30	São Caetano do Sul / SP	
ConVida Suape	2012	500	Cabo de Santo Agostinho / PE	
Cidade Cauype	2014	438	Caucaia, RMF / CE	TE

Fonte: Adaptado de Rodriguez, 2016.

Outro ponto que se espera da implantação do bairro sustentável é impedir a expansão urbana e que o bairro se torne uma força motriz no desenvolvimento geral da cidade como uma cidade sustentável (MARIQUE; REITER, 2011). Em alguns locais o que se observa é o incentivo à expansão urbana.

Visando o planejamento de bairros sustentáveis, Choguill (2008) elaborou um conjunto de critérios com base nas teorias de vizinhança de outros autores como Howard (1898)¹, Perry (1929)², Mumford (1954)³ e Fisher (1984)⁴, a fim de alcançar a sustentabilidade econômica, social, técnica e ambiental. O Quadro 6 apresenta as principais contribuições do autor.

Quadro 6: Critérios para o planejamento de bairros sustentáveis

Sustentabilidade	Critérios	Parâmetro	Objetivo
Econômica	Limitar o tamanho do bairro	Diâmetro próximo de 1 km	Reduzir custo de transporte e infraestrutura
	Densidade alta	Pelo menos 3.000-4.000 habitantes	Implementar uma escola primária Estabelecer lojas de bairros
Social	Permitir o intercâmbio gratuito entre os membros da comunidade local	Tamanho da população suficiente	Formar um grupo de pressão para as relações com o município em termos de instalações e serviços
Técnica	A forma como o bairro se enquadra na comunidade em geral, limites claros, como estradas principais na periferia	Reduzir o número de estradas que atravessam o bairro Minimizar tráfego interno	Assegurar a segurança das crianças
Ambiental	Inserir parques e espaços verdes em conjunto com as escolas primárias	Espaço aberto público compartilhado para permitir interação	Proporcionar um local de encontro comum para os moradores do bairro

Fonte: Elaborado pela autora (2019) a partir de Choguill, 2008.

A participação dos futuros residentes no processo de projeto é bem vinda em empreendimentos que utilizam uma abordagem *bottom up*, por exemplo, em Friburgo e Copenhague, casos analisados por Marique e Reiter (2011) e, Vauban, na Alemanha, caso analisado por Marins (2016). Em ambos os estudos, os bairros apresentaram melhores desempenhos construtivo e energético, pois houve a participação direta dos habitantes desde o início do projeto, sendo no primeiro caso concluído que a escolha por esse tipo de

¹ HOWARD, E. *Tomorrow: A peaceful path to real reform*. Londres: Swan Sonnenschein, 1898.

² PERRY, C. (1929). *Housing in the machine age*. Nova Iorque: Regional Planning of New York and its Environs, 1929.

³ MUMFORD, L. The neighborhood and the neighborhood unit. *Town Planning Review*, v. 24, p. 250-270, 1954.

⁴ FISHER, C. S. *The urban experience*. São Diego: Harcourt Brace, 1984.

bairro foi por sua qualidade ambiental. Estes resultados corroboram com as observações de Zhang, Yung e Chan (2018) que o envolvimento dos moradores no processo de planejamento de bairro pode melhorar a social-democracia, a equidade, a inclusão e outras dimensões da sustentabilidade.

2.3 Indicadores de sustentabilidade

2.3.1 Definição de indicadores

A demanda pelo desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade ambiental iniciou em 1989 com a *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD), que resultou na publicação de indicadores e informações ambientais a partir de 1991 (OECD, 1993).

A Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (CSD), atendendo ao disposto nos capítulos 8 e 40 da Agenda 21, conduziu o movimento pela construção de indicadores de desenvolvimento sustentável. Em 1996, a comissão reuniu em uma publicação chamada o *Livro Azul*, um conjunto de 134 indicadores, reduzidos no ano de 2000, para 57. Especificamente para o meio urbano, o Centro para os Assentamentos Humanos das Nações Unidas – UNCHS (HABITAT) desenvolveu um conjunto de indicadores denominados Indicadores Urbanos Globais, com o intuito de monitorar a performance e as tendências em 20 áreas-chave da Agenda Habitat (ROMERO, 2007; SATTLER; SCUSSEL, 2007; SICHE *et al.*, 2007).

O surgimento destas propostas de formulação de indicadores ambientais e de sustentabilidade, na esfera das nações, objetivava subsidiar políticas nacionais e atender acordos internacionais, além de auxiliar na tomada de decisão dos agentes públicos e privados (ROMERO, 2007; SILVA, 2007).

Segundo a OECD (1993), o indicador pode ser definido como um parâmetro ou um valor derivado de parâmetros, que fornecem informações sobre um fenômeno. Indicadores possuem um significado sintético e são desenvolvidos para um propósito específico e possuem três funções básicas: a simplificação, a quantificação e a comunicação.

A definição apresentada por Happio (2012) afirma que os indicadores são medidas quantitativas, qualitativas ou descritivas que quando periodicamente avaliadas e monitoradas mostram a direção da mudança.

Um indicador consiste em informações processadas e geralmente tem um caráter quantitativo, o que gera uma ideia clara e acessível sobre um fenômeno complexo, sua evolução e o quanto difere da situação desejada. Os indicadores são, portanto, ferramentas fundamentais que permitem a síntese da informação a ser avaliada (PFHAL, 2015).

Segundo Sattler e Scussel (2007) os indicadores de sustentabilidade não são instrumentos universais, aplicáveis a qualquer realidade. Os autores enfatizam que os indicadores devem contemplar recortes em séries temporais e espaciais. E quando for possível o reconhecimento de elementos de generalidade, a partir da definição de princípios básicos, os mesmos indicadores poderão ser aplicados em situações diferenciadas.

As principais características que os indicadores de sustentabilidade devem apresentar são apontadas por Scipioni *et al.* (2009, p. 366): multidimensionalidade, orientação para a formulação de políticas, compartilhamento, objetividade e relevância, participação e devem ser coerentes com os objetivos estabelecidos e o contexto.

Há uma discussão na literatura do significado de índice e de indicador. Siche *et al.* (2007) colocam as seguintes conceituações: o índice é entendido como “valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados”.

O termo indicador “é um parâmetro selecionado e considerado isoladamente ou em combinação com outros para refletir sobre as condições do sistema em análise” (SICHE *et al.*, 2007). De forma simplificada Tanguay *et al.* (2010, p. 408, tradução nossa) mencionam que um dado ou variável torna-se um indicador “quando seu papel na avaliação de um fenômeno for estabelecido”. Por sua vez o índice (ou indicador composto) define-se como “uma síntese de indicadores”.

2.3.1.1 Indicadores do desenvolvimento sustentável

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) iniciou um trabalho de desenvolvimento de indicadores baseado nas recomendações da Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, adaptando a realidade brasileira, no ano de 2002, denominado Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Brasil 2002, o resultado foi um conjunto de 50 indicadores elencados nas dimensões: social, ambiental,

econômica e institucional. Na continuidade da série, o instituto promove adaptações quando necessárias a cada edição, a última publicação data de 2017 (IBGE, 2017).

Os indicadores do desenvolvimento sustentável (IDS) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) integram os esforços internacionais para a concretização das ideias e princípios formulados na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no que diz respeito à relação entre meio ambiente, sociedade, desenvolvimento e informações para a tomada de decisões (IBGE, 2015).

Os indicadores são revistos a cada edição da série, no ano de 2015 houve a inclusão de novos indicadores para manter a consonância com as questões contemporâneas. A estrutura dos 120 indicadores de desenvolvimento sustentável está agrupada em quatro dimensões, 17 temas e 63 categorias. Os temas são os seguintes:

- 1) Dimensão Ambiental: Atmosfera, Água doce, Oceanos, mares e áreas costeiras, Saneamento, Terra e Biodiversidade;
- 2) Dimensão Social: População, Trabalho e rendimento, Habitação, Saúde, Educação e Segurança.
- 3) Dimensão Econômica: Quadro econômico, Padrões de produção e consumo, Padrões de produção e consumo;
- 4) Dimensão Institucional: Quadro institucional e Capacidade institucional.

Segundo o IBGE (2012) os indicadores “fornecem informações sobre uso dos recursos naturais, qualidade ambiental, satisfação das necessidades humanas, qualidade de vida e justiça social, desempenho macroeconômico e financeiro, uso de energia, bem como sobre a capacidade e os esforços institucionais realizados com vistas às mudanças necessárias para a implementação do desenvolvimento sustentável”.

A divulgação é realizada em meio digital, onde os indicadores são apresentados em formato de tabela, gráficos e mapas, “precedidos de uma ficha contendo a descrição do indicador, a indicação das variáveis e fontes utilizadas em sua construção, a relevância para o desenvolvimento sustentável e uma breve análise” (IBGE, 2015).

2.3.1.2 Indicadores de desenvolvimento sustentável de comunidades: NBR ISO 37120/2017

A NBR ISO 37120 – Desenvolvimento sustentável de comunidades – indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida da Associação Brasileira de Normas Técnicas

(ABNT) foi elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Desenvolvimento Sustentável em Comunidades (ABNT/CEE-268). A norma é uma adoção idêntica, em conteúdo técnico, estrutura e redação, à norma internacional ISO 37120:2014, que foi elaborada pelo *Technical Committee Sustainable Development in Communities (ISO/TC 268), Subcommittee Smart community infrastructures (SC 1)*, conforme ISO/IEC Guide 21-1:2005 (ABNT, 2017).

A adoção na íntegra da ISO 37120:2014 foi determinada pelo pressuposto de que os documentos técnicos internacionais atendem amplamente as necessidades comuns a vários países, dessa forma, a NBR ISO 37120 reflete um enfoque global de indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida, considerando que sua aplicação deve prever a consonância com a legislação vigente brasileira.

A norma define e estabelece metodologias para um conjunto de indicadores a fim de orientar e medir o desempenho de serviços urbanos e qualidade de vida. Os indicadores propostos são divididos em:

a) indicadores essenciais: indicadores que são requeridos para demonstrar o desempenho da prestação de serviços urbanos e qualidade de vida.

b) indicadores de apoio: indicadores que são recomendáveis para demonstrar o desempenho da prestação de serviços urbanos e qualidade de vida.

c) indicadores de perfil: indicadores que fornecem estatísticas básicas e informações do contexto para auxiliar a identificação de quais cidades são interessantes para comparações aos pares. Indicadores de perfil são utilizados como uma referência informativa (ABNT, 2017, p. 2).

A norma apresenta de forma descritiva as generalidades de cada indicador, os requisitos onde se aborda o formato de cálculo, a fonte de dados e alguns dos indicadores apresenta uma descrição do procedimento de interpretação dos dados.

Os indicadores estão distribuídos em 17 temas, sendo: 45 indicadores essenciais e 54 indicadores de apoio. Os temas abordados pela NBR ISO 37120 são: Economia, Educação, Energia, Meio Ambiente, Finanças, Resposta a incêndios e emergências, Governança, Saúde, Recreação, Segurança, Habitação, Resíduos Sólidos, Telecomunicações e inovação, Transporte, Planejamento urbano, Esgotos, Água e saneamento.

2.3.1.3 Indicadores de sustentabilidade de bairro

O *Urban Ecology Coalition's Neighborhood Sustainability Indicators Project* (UEC-NSIP) em Mineápolis nos Estados Unidos foi o primeiro esforço para envolver os moradores diretamente na definição de indicadores de sustentabilidade do bairro para suas próprias comunidades (METER, 1999). Para a UEC os indicadores de sustentabilidade de bairro pressupõem: a) concentrar em ativos de vizinhança em vez de deficiências; b) engajamento com residentes e outras partes interessadas; c) expressar valores que foram formalmente adotados pelos moradores da comunidade; d) integração (respostas integradas); e) previsão futura e; f) distribuição equitativa.

Nesta proposta foram desenvolvidos quatro tipos de indicadores de sustentabilidade do bairro (Quadro 7) que operam em diferentes escalas espaciais e temporais e podem ter relevância para grupos externos (pesquisadores, tomadores de decisão).

Quadro 7: Tipos de indicadores de sustentabilidade do bairro

Tipos de indicadores	Finalidade	Ligações	Uso principal	Potenciais limitações
Poesia de dados (comunidade)	Indicadores altamente vinculados que são mais úteis para as partes interessadas (grupos internos). Projetado para ajudar a transformar a discussão da comunidade em uma visão a longo prazo.	Alta	Interno	Não permitem comparações entre bairros. Concentram-se mais nas etapas de ação do que na imagem completa das preocupações locais de sustentabilidade.
Essenciais (comunidade e especialistas)	Indicadores vinculados úteis para residentes locais e grupos externos (pesquisadores, formuladores de políticas e financiadores). Projetado para permitir comparações entre diversas comunidades.	Alta	Interno e externo	Difícil definir um conjunto de indicadores que se aplique a diversos bairros.
Histórico (especialistas)	Oferecer informações interessantes que ajudem a definir o contexto em que o desenvolvimento sustentável ocorre. Útil para grupos internos e externos.	Poucas	Externo	Menos integrantes que a poesia de dados e os indicadores essenciais.
Sustentabilidade profunda (comunidade e especialistas)	Ajuda as partes interessadas locais a definir uma visão de longo prazo para sua comunidade. Altamente vinculado e olhando para o futuro. Evocar visão de longo prazo.	Alta	Interno e externo	Pode ser impraticável implementar a curto prazo.

Nota: “Ligações” se referem ao relacionamento com preocupações e objetivos locais. “Uso principal” (interno e externo) refere-se aos grupos que usariam principalmente os indicadores. “Interno” refere-se à comunidade do bairro, enquanto “externo” refere-se àqueles fora do bairro (como pesquisadores).

Fonte: Adaptado de BELL; MORSE, 2003; METER, 1999.

A diferença entre os indicadores do desenvolvimento sustentável e os indicadores de sustentabilidade de bairro é em grande parte em termos de quem os definiu e para quê. O Quadro 8 apresenta as principais diferenças entre ambos.

Quadro 8: Tipos de indicadores de sustentabilidade do bairro

Características	Indicadores do desenvolvimento sustentável	Indicadores de sustentabilidade de bairro
Participação pública	Limitada	Extensiva
Quem coleta dados / estatísticas?	Especialistas	Comunidade
Comunicação dos indicadores	Amplo dentro do grupo de formuladores / gerentes de políticas. Mais limitado com outros grupos.	Via mídia e outros meios
Uso	Diretamente para direcionar políticas	Incentiva os indivíduos a fazer mudanças em suas vidas diárias. Afeta a política indiretamente
Ressonância	Formuladores/gerentes de políticas	Público

Fonte: Adaptado de ACTON, 2000⁵ *apud* BELL; MORSE, 2003.

Os indicadores de sustentabilidade de bairro podem ter um efeito mais indireto sobre as políticas, enquanto os indicadores tradicionais de desenvolvimento sustentável podem ter a intenção de influenciar diretamente as políticas, ao invés de facilitar as mudanças em nível local (BELL; MORSE, 2003).

2.3.2 Avaliação baseada em indicadores

Com o desenvolvimento sustentável em pauta na maioria das discussões internacionais, nos últimos anos, diferentes ferramentas de avaliação desenvolvidas tornaram-se essenciais para orientar o desenvolvimento sustentável, apoiar os profissionais e os políticos na tomada de decisão (BECKER, 2005; HAPPIO, 2012; KOMEILY; SRINIVASAN, 2016; KYRKOUA; KARTHAUS, 2011; SHARIFI; MURAYAMA, 2015;

⁵ Acton, C. Community Indicators for Sustainability: A European Overview. Environ Trust, Leicester, 2000.

YILDIZ *et al.*, 2016). Medir a sustentabilidade urbana é fundamental para avaliar o desempenho de uma cidade e também para ajudar a estruturar políticas para melhorar o desempenho (KOTHARKAR; PALLAPU; BAHADURE, 2019). Para tanto, são incorporados indicadores que permitam localizar a condição atual em relação às condições que prevaleceram no passado e desenvolver perspectivas relevantes para estruturar ações para o futuro (WU; WU, 2012).

Muitas abordagens teóricas e empíricas para medir o crescimento sustentável foram desenvolvidas para regiões específicas nos estudos de Braulio-Gonzalo; Bovea e Ruá (2015); Moles *et al.* (2008); Moussiopoulos *et al.* (2010) e, Valentin e Spangenberg (2000). Outros se concentraram na avaliação de projetos de regeneração urbana (BOTTERO, 2015; LEE; CHAN, 2007, 2008), modelo conceitual derivado de ferramentas de avaliação existentes (DAWODU; AKINWOLEMIWA; CHESHMEHZANGI, 2016).

Para o nível de bairro, Moroke; Schoeman e Schoeman (2019) desenvolveram um modelo de avaliação de sustentabilidade de bairro para a África do Sul. Avaliações baseadas em indicadores, foram desenvolvidas para o Norte europeu (MEDVED, 2016), Itália (GHELLERE; DEVITOFRANCESCO; MERONI, 2017), Brasil (GONÇALVES; KUNEN, 2016; MEZZOMO; BORGES JUNIOR; GONÇALVES, 2018; NUNES *et al.*, 2016), Portugal (SANTOS; GONÇALVES; MEZZOMO, 2017), Índia (BAHADURE; KOTHARKAR, 2018), Líbia (ELGADI; ISMAIL, 2016), Reino Unido (TURCU, 2013), Malásia (YIGITCANLAR; KAMRUZZAMAN; TERIMAN, 2015). Uma síntese dessas estruturas com os objetivos e as principais características se apresentam no Quadro 9

Erro! Fonte de referência não encontrada.

Os indicadores incluídos nas estruturas constantes no Quadro 9

Erro! Fonte de referência não encontrada. se concentram no domínio ambiental, versando sobre qualidade e tratamento da água, preservação e oferta de áreas verdes, produção de energia renovável e consumo energético, ilhas de calor, edifícios certificados, drenagem pluvial, superfícies impermeáveis, permeabilidade do solo, esgotamento sanitário, resíduos sólidos e reciclagem, ruído, poluição luminosa, uso misto do solo, conectividades internas e externas, densidade populacional, espaços para pedestres e tráfego calmo.

Quadro 9: Estruturas de avaliação de sustentabilidade de bairro baseadas em indicadores

Fonte	Local	Objetivo	Estrutura	Categorias
BAHADURE; KOTHARKAR (2018)	Nagpur, Índia	Entender a sustentabilidade dos bairros com uso misto do solo	3 grupos 20 subindicadores	Demografia, ambiental, transporte (acessibilidade, infraestrutura rodoviária, velocidade de tráfego e segurança).
ELGADI; ISMAIL (2016)	Tripoli, Líbia	Apresentar indicadores de bairro sustentáveis para a Líbia.	14 indicadores	-
GHELLERE; DEVITOFRANCE SCO; MERONI (2017)	Lombardia, Itália	Propor um novo sistema de indicadores para avaliar a sustentabilidade urbana no contexto da Lombardia, Itália.	15 indicadores	-
GONÇALVES; KUNEN (2016)	Francisco Beltrão, Brasil	Analisar a presença de aspectos de sustentabilidade em 2 loteamentos da cidade de Francisco Beltrão/PR/BR.	6 categorias 6 indicadores	Terra urbana, moradia, saneamento ambiental, infraestrutura, transporte, serviços públicos e lazer.
MEZZOMO; BORGES JUNIOR; GONÇALVES (2018)	Campo Mourão, Brasil	Avaliar a sustentabilidade de dois bairros na cidade de Campo Mourão, PR/BR.	7 indicadores	-
NUNES <i>et al.</i> (2016)	Caxias do Sul, Brasil	Aplicar indicadores derivados de atributos da sustentabilidade urbana em 2 bairros residenciais da cidade de Caxias do Sul/RS/BR.	10 grupos 28 atributos	-
SANTOS; GONÇALVES; MEZZOMO (2017)	Bragança, Portugal	Comparar o desempenho de 2 bairros contrastantes (tradicional e contemporâneo) da cidade de Bragança, Portugal.	14 indicadores	-
TURCU (2013)	Reino Unido	Avaliar se os indicadores escolhidos refletem uma visão ampla da sustentabilidade urbana local.	24 indicadores	Ambiental, econômica, social e institucional.
YIGITCANLAR; KAMRUZZAMA N; TERIMAN (2015)	Ipoh, Malásia	Desenvolver uma ferramenta de avaliação de sustentabilidade de bairro e aplicar para comparar os níveis de sustentabilidade de 3 modelos desenvolvimento residencial em Ipoh, Malásia.	3 categorias 18 indicadores	Ambiental, econômico, social.

Fonte: Autora, 2019.

Na dimensão social estão relacionados com a proximidade de escolas, serviços de saúde, espaços abertos e de recreação, acesso a centros comunitários e transporte público,

diversidade de opções de moradia, prevenção e segurança (ligados a roubos e acidentes). No âmbito econômico acesso a serviços locais, estabelecimentos comerciais, habitação a preços acessíveis e taxa de emprego. No domínio institucional, os indicadores incluídos estão presentes apenas nas estruturas de Nunes *et al.* (2016) e Turcu (2013), abordando governança, participação nas atividades comunitárias e parcerias locais.

As bases conceituais para a seleção dos indicadores foram apoiadas em revisão de literatura e consulta especializada (BAHADURE; KOTHARKAR, 2018; YIGITCANLAR; KAMRUZZAMAN; TERIMAN, 2015); conjunto de indicadores derivados de listas envolvidas com comunidades sustentáveis (TURCU, 2013) e, provenientes das ferramentas de avaliação LEED-ND, BREEAM Communities e CASBEE-UD (ELGADI; ISMAIL, 2016).

As bases das avaliações de Portugal (SANTOS; GONÇALVES; MEZZOMO, 2017) e Campo Mourão (MEZZOMO; BORGES JUNIOR; GONÇALVES, 2018) provém dos princípios obtidos pela pesquisa de cartas internacionais: a Carta do Novo Urbanismo, a Nova Carta de Atenas, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Meta 11) e a Nova Agenda Urbana (Habitat III). Os indicadores de Nunes *et al.* (2016) foram selecionados da literatura dos seguintes autores: Douglas Farr, Richard Rogers e Philip Gumuchdjian, Brian Edwards, Carlos Leite e Rafael Tello, juntamente com as publicações do Geo Cidades e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). De outra forma, Gonçalves e Kunen (2016) utilizaram as categorias presentes no Estatuto da Cidade para a seleção.

As estruturas convergem na abordagem de indicadores relacionados, principalmente a infraestrutura urbana. Em uma análise conceitual pormenorizada dos indicadores observou-se que alguns possuíam significados similares, por vezes com denominações iguais, assim foram identificados 10% dos indicadores nesta situação, são eles: densidade populacional, uso misto, superfícies impermeáveis, espaços para pedestres, acesso a várias comodidades/serviços locais, espaço aberto per capita, disposição de espaço aberto, espaços verdes, densidade habitacional, acesso à educação e acesso a serviços médicos.

Esta análise demonstrou que nem todos os indicadores incluídos em uma determinada ferramenta seriam relevantes em um contexto diferente. Por isso, é indicado que cada comunidade selecione seu conjunto de indicadores, para que os mesmos possuam

consonância com as condições ambientais, sociais e econômicas da comunidade que será avaliada.

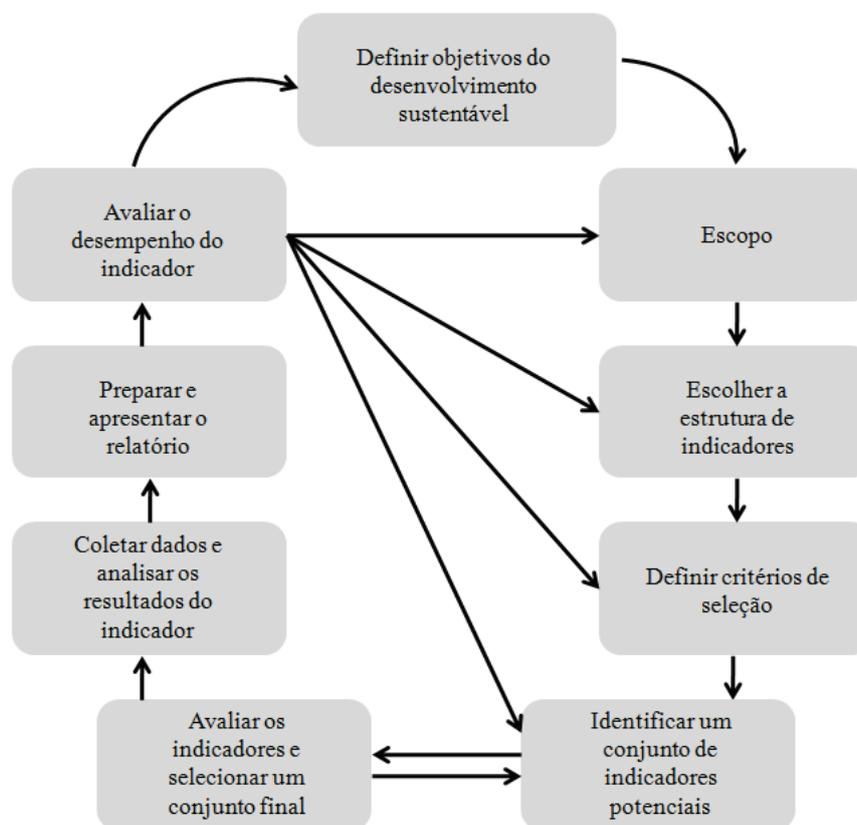
2.3.3 Desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade

Para desenvolver e apresentar indicadores de sustentabilidade urbana, Maclaren (1996) sugere um processo que objetiva produzir um relatório de sustentabilidade urbana que descreva os indicadores e indique como eles foram escolhidos. Dessa forma, divide o processo em nove etapas, apresentadas na Figura 5 e explanadas a seguir.

2.3.3.1 Definição dos objetivos de sustentabilidade

A definição dos objetivos pode ser de consenso de documentos já institucionalizados ou ser desenvolvida exclusivamente para o relatório ou estudo (MACLAREN, 1996).

Figura 5: Etapas do processo de desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade



Fonte: Adaptado de MACLAREN, 1996, tradução nossa.

2.3.3.2 Definição do escopo

A etapa de escopo apresentada por Maclaren (1996) procura definir o escopo do relatório, identificar o público-alvo e o objetivo associado para o qual os indicadores serão usados. Nesta etapa se considera preliminarmente o número aproximado de indicadores que serão necessários e se definem limites temporais e espaciais para o relatório.

O número sugerido de indicadores varia bastante. Uma questão a ser definida é se é possível ou não desenvolver um conjunto central de indicadores de sustentabilidade urbana que possa ser usado por todos os municípios de um estado, país ou até internacionalmente. A busca por indicadores centrais é uma busca por certos indicadores fundamentais que interessam a todas as comunidades, independentemente das diferenças em seu contexto situacional ou em suas metas de sustentabilidade (MACLAREN, 1996).

Na prática, o objetivo é tipicamente limitar o número de indicadores para fins logísticos e / ou de apresentação, e é necessário tomar decisões sobre quais indicadores incluir e como devem ser medidos (BELL; MORSE, 2003).

Bossel (1999) menciona que mesmo com uma sólida abordagem científica, baseada em fatos físicos, os conjuntos de indicadores não podem ser definidos sem uma quantidade significativa de escolha subjetiva.

Quanto ao número de indicadores a serem selecionados, Bossel (1999) sugere que um total de 42 indicadores seria um número mínimo, baseado no quadro apresentado anteriormente.

Na literatura observa-se uma diversidade de números finais de indicadores nos trabalhos desenvolvidos com o objetivo de propor um sistema de avaliação baseado em indicadores, tais como: estudo realizado por Yigitcanlar, Kamruzzaman e Teriman (2015) e Teriman (2012) resultou em 18 indicadores para avaliar os níveis de sustentabilidade de layouts de desenvolvimento residencial e o modelo idealizado por Lee e Chan (2007) finalizou com 34 indicadores distribuídos em 17 critérios de projeto para áreas de renovação urbana.

A pesquisa desenvolvida por Han *et al.* (2008) selecionou 38 indicadores para avaliar a sustentabilidade de eco-comunidade. Na ferramenta desenvolvida por Ghellere, Devitofrancesco e Meroni (2017) utilizaram 15 indicadores, relacionados às áreas temáticas: ambiente e estrutura urbana. Na proposta de desenvolvimento de indicadores de

sustentabilidade para a cidade de Iserlohn, Valentin e Spangenberg (2000) distribuíram 14 indicadores no prisma da sustentabilidade.

O desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade de bairro realizado pela UEC resultou um total de 10 indicadores em *Seward Neighbourhood Group* e na comunidade de *Longfellow Community Council*, totalizou 27 indicadores (METER, 1999).

Para comparar dois bairros em Bragança, Portugal, os autores Santos, Gonçalves e Mezzomo (2017) selecionaram 14 indicadores; o mesmo número foi selecionado para aplicação na Líbia por Elgadi e Ismail (2016). Bahadure e Kotharkar (2018) definiram 20 indicadores em diferentes áreas como demografia, meio ambiente e transporte (acessibilidade, infraestrutura, velocidade e segurança) para medir a sustentabilidade no nível de bairro em um contexto urbano em Nagpur, na Índia.

As duas tarefas finais desta etapa são limite temporal e espacial. Limite temporal é a identificação do período no qual os indicadores devem ser medidos. A delimitação espacial identifica o contexto geográfico do relatório. Normalmente, os limites espaciais são definidos pelos limites administrativos da unidade de relatório (MACLAREN, 1996).

2.3.3.3 Estrutura de indicadores

As estruturas conceituais para indicadores auxiliam no esclarecimento do que medir, do que esperar da medição e de que tipos de indicadores utilizar. A diversidade de processos e teorias de desenvolvimento sustentável resultou no desenvolvimento e aplicação de diferentes estruturas. A seguir serão abordadas algumas estruturas utilizadas para auxiliar a seleção de indicadores: pressão-estado-resposta (PSR), força motriz-estado-resposta (DSR), temas, capital, contábil e indicadores agregados.

A estrutura de indicadores de pressão-estado-resposta (PSR) foi utilizada pela OECD (1993) na proposição de indicadores ambientais. A estrutura é baseada em um conceito de causalidade: as atividades humanas exercem pressão sobre o meio ambiente e alteram sua qualidade e quantidade de recursos naturais ("estado"). A sociedade responde a essas mudanças por meio de políticas ambientais, econômicas e setoriais gerais ("resposta da sociedade") (OECD, 1993). Há a inclusão de uma categoria adicional de indicadores de impacto nesse modelo: o modelo pressão-estado-impacto-resposta (PSIR) (BELL; MORSE, 2003).

Uma variação da estrutura anterior é a força motriz, estado e resposta (DSR). Os indicadores da força motriz descrevem processos ou atividades que têm um impacto positivo ou negativo no desenvolvimento sustentável. Os indicadores de estado descrevem a situação atual, enquanto os indicadores de resposta refletem ações da sociedade que visam avançar em direção ao desenvolvimento sustentável. Essa estrutura foi interrompida em 2001 por não se apresentar adequada para abordar as complexas interligações entre as questões (UNITED NATION, 2007). De acordo com Bell e Morse (2003) essa família de abordagens geralmente procura categorizar indicadores em termos de causa e efeito.

Estruturas baseadas em temas ou questões são amplamente usadas. Nessas estruturas, os indicadores são agrupados em várias questões diferentes relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Os problemas ou temas são normalmente determinados com base na relevância das políticas. Uma estrutura temática é flexível o suficiente para se ajustar às novas prioridades e metas políticas ao longo do tempo (UNITED NATION, 2007).

Outra abordagem é a estrutura de capital. O cálculo da riqueza nacional em função da soma e interação entre diferentes tipos de capital, incluindo não apenas o capital financeiro e os bens de capital produzidos, mas também o capital natural, humano, social e institucional. Isso requer que todas as formas de capital sejam expressas em termos comuns, geralmente em termos monetários. A substituição entre diferentes tipos de capital está presente nesta abordagem, fomentando o debate entre a sustentabilidade “forte” e “fraca” (BELL; MORSE, 2003; UNITED NATION, 2007).

Os sistemas de indicadores baseados em estruturas contábeis extraem todos os indicadores de um único banco de dados, permitindo agregação setorial e usando classificações e definições consistentes. Permitem a construção de um banco de dados comum nas esferas econômica e ambiental (UNITED NATION, 2007).

A maioria dos indicadores agregados concentra-se especificamente na dimensão ambiental do desenvolvimento sustentável e do gerenciamento de recursos. Exemplos de tais indicadores incluem a Pegada Ecológica, o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ESI) e o Índice de Desempenho Ambiental (EPI) (UNITED NATION, 2007). Bossel (1999) e Meter (1999) alertam que a agregação pode causar sérios déficits, no momento em que um único indicador não pode capturar os aspectos vitais do desenvolvimento sustentável, citando como exemplo, o PIB.

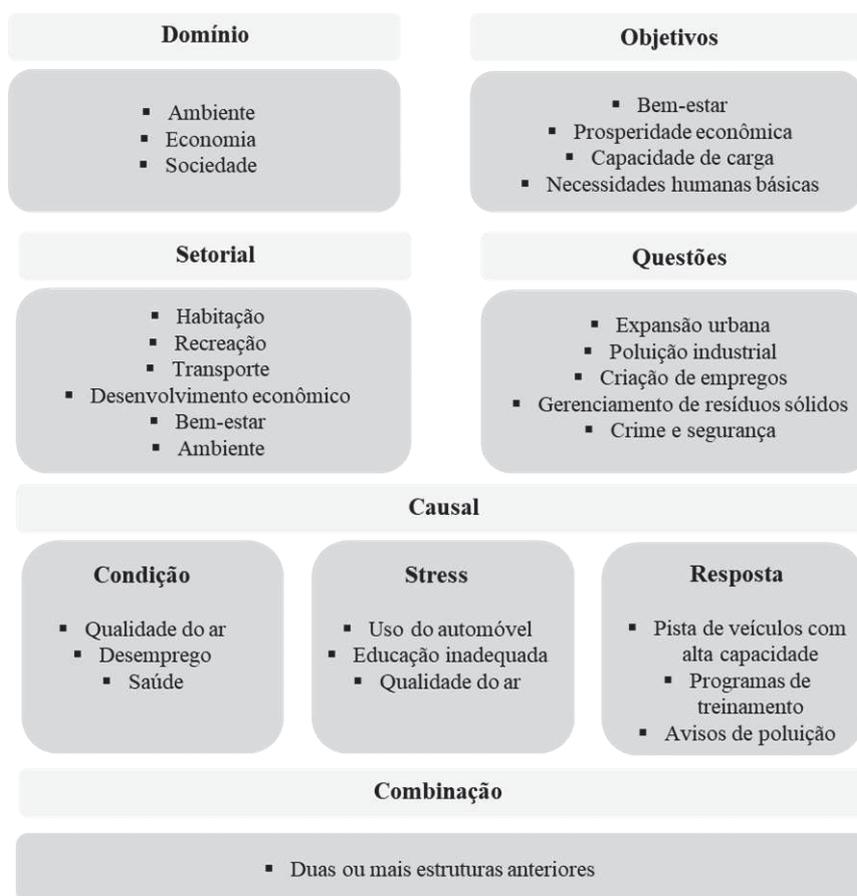
A agregação a um único índice é vista por Bell e Morse (2003) como uma possibilidade de resolução de pontos problemáticos. Sendo particularmente visto como importante em termos de apresentação das informações ao público e aos tomadores de decisão que, presume-se, não precisam estar cientes dos detalhes, mas apenas da ampla mensagem sobre o que está acontecendo.

As principais diferenças entre as estruturas apresentadas se relacionam com a conceituação das principais dimensões do desenvolvimento sustentável, as interligações entre essas dimensões, a maneira como agrupam as questões a serem medidas e os conceitos pelos quais justificam a seleção e agregação de indicadores.

Outra abordagem para avaliar a sustentabilidade é o *Triple Bottom Line* (TBL), que foi apresentado na seção 2.1 deste documento. Com objetivo de se alcançar a sustentabilidade urbana, permitindo o crescimento e desenvolvimento sustentável das cidades. Baseado no conceito, as medidas relacionadas à sustentabilidade podem ser classificadas em indicadores ambientais, econômicos e sociais, e somente aquelas que cobrem todas as três dimensões simultaneamente podem medir a sustentabilidade em sua totalidade (WU; WU, 2012).

Maclaren (1996) desenvolveu seis estruturas gerais como base para o desenvolvimento de avaliações de sustentabilidade baseadas em indicadores. Essas estruturas são baseadas em: domínio, objetivos, questões, estruturas causais, setoriais e combinadas (Figura 6). Segundo a autora, uma estrutura baseada em domínio contém três categorias principais de sustentabilidade (meio ambiente, economia e sociedade) e identifica indicadores para cada uma delas. Uma estrutura baseada em objetivos identifica metas de sustentabilidade e, em seguida, cria um ou mais indicadores para cada meta ou combinação de metas. Uma estrutura setorial considera diferentes setores sobre o qual o governo municipal normalmente tem responsabilidade, incluindo sua seleção de indicadores. Um quadro causal introduz a noção de causa e efeito, semelhante à estrutura pressão-estado-resposta, com indicadores classificados em causa e efeito. Uma estrutura baseada em problemas funciona identificando e listando os principais problemas de sustentabilidade que a comunidade enfrenta e usa o problema, ou uma combinação de problemas, como indicadores. Uma estrutura de combinação engloba outras estruturas e pode ajudar a criar um modelo de avaliação conceitual, reunindo duas ou mais estruturas gerais de sustentabilidade (MACLAREN, 1996).

Figura 6: Estrutura tipológica para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade



Fonte: Adaptado de MACLAREN, 1996, tradução nossa.

Outra abordagem para formulação de indicadores, que se baseia em uma análise básica do que é considerado necessário para o desenvolvimento sustentável é descrita por Bossel (1999). Os indicadores de sustentabilidade do sistema são determinados em resposta a um conjunto muito específico de perguntas que abrange todos os aspectos essenciais da viabilidade e desenvolvimento sustentável. O resultado é um conjunto de orientadores básicos que podem ser aplicados aos sistemas como um meio de representar os interesses básicos do sistema, como o listado no **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Podem atuar como uma espécie de lista de verificação para o que é importante nos e para os sistemas.

O sistema total nesta abordagem de Bossel (1999) é composto por três subsistemas principais: sistema humano, sistema de suporte e sistema natural. Em cada caso, apenas um indicador representativo é adotado para cada categoria de sistema e orientador, portanto, cada conjunto de indicadores contém 42 indicadores.

Quadro 10: Orientadores básicos da sustentabilidade do sistema, exemplo da cidade de Seattle

Orientador Básico	Perguntas-chave	Subsistema	Desempenho do subsistema	Contribuição para o sistema total
Existência	O sistema é compatível e pode existir em seu ambiente específico?	Humano	Crianças que vivem na pobreza	Bebês com baixo peso ao nascer
		Suporte	-	-
		Natural	-	-
Eficácia	É eficaz e eficiente?	Humano	Despesas com cuidados de saúde	Distribuição de renda pessoal
		Suporte	Consumo de água residencial	Trabalho necessário para necessidades básicas
		Natural	Superfícies impermeáveis	Resíduos sólidos gerados e reciclados
Liberdade de ação	Tem a liberdade necessária para responder e reagir quando necessário?	Humano	Graduação no ensino médio	Relação de disponibilidade de habitação
		Suporte	Desemprego real	Participação do eleitor
		Natural	Uso de energia renovável e não renovável	Área cultivada
Segurança	É seguro e estável?	Humano	Concentração de emprego	Criminalidade juvenil
		Suporte	Capital comunitário	Uso de sala de emergência para outro fim que não emergência
		Natural	Erosão do solo	Prevenção da poluição e uso de recursos renováveis
Adaptabilidade	Pode se adaptar a novos desafios?	Humano	Alfabetização de adultos	Envolvimento juvenil no serviço comunitário
		Suporte	Uso de bibliotecas e centros comunitários	Milhas de veículos percorridos e consumo de combustível
		Natural	Biodiversidade	Banhado/pantanal
Coexistência	É compatível com subsistemas de interação?	Humano	Envolvimento voluntário nas escolas	Diversidade étnica de professores
		Suporte	Qualidade do ar	Taxa de hospitalização de crianças com asma
		Natural	Salmão selvagem	População
Necessidades Psicológicas	É compatível com necessidades psicológicas e culturais?	Humano	Equidade na justiça	Vizinhança
		Suporte	Ruas de pedestres amigáveis	Qualidade de vida percebida
		Natural	Atividade de jardinagem	Espaço aberto em áreas urbanas

Fonte: Adaptado de BOSSEL, 1999, tradução nossa.

A abordagem de Bossel é considerada uma das estruturas mais holísticas e racionalizadas para o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade. No entanto, Reed, Fraser e Dougill (2006) e Turcu (2013) colocam que a estrutura pode não refletir adequadamente as necessidades e objetivos locais percebidos.

Há uma discussão na literatura a respeito das abordagens metodológicas para a escolha do conjunto de indicadores: *top-down* e *bottom-up* (BELL; MORSE, 2003) explanadas no item intitulado Base para o desenvolvimento da estrutura neste documento. Essa discussão fomentou a proposição de estruturas que integrassem ambas as abordagens, um exemplo é o modelo do Princípio de Bellagio, desenvolvido por Hardi e Zdan em 1997. O princípio defende o desenvolvimento de sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável com base no princípio de abertura (BOSSSEL, 1999). O princípio exige que o processo, as premissas e as estruturas usadas para desenvolver indicadores precisem ser explícitos e revelados àqueles afetados (TURCU, 2013).

Outro exemplo de modelo integrado é o Seattle Sustentável que desenvolveu 40 indicadores de sustentabilidade urbana (de uma lista inicial de 100, lançados em 1993 – 20 indicadores e em 1995 divulgados os outros 20) com base em valores e objetivos locais, por meio de um processo de negociação entre especialistas e cidadãos (MACLAREN, 1996; TURCU, 2013).

2.3.3.4 Critérios de seleção dos indicadores

Uma das etapas para a seleção dos indicadores depende de um conjunto de critérios para os quais os indicadores podem ser avaliados. Maclaren (1996, p. 196) entende que bons indicadores de sustentabilidade são aqueles: cientificamente válidos, representativos de uma ampla gama de condições, responsivos a mudanças, relevantes para as necessidades de usuários em potencial, com base em dados precisos e acessíveis, com base em dados disponíveis ao longo do tempo, compreensíveis por potenciais usuários, comparáveis aos indicadores desenvolvidos em outras jurisdições, com boa relação custo-benefício para coletar e usar, atraentes para a mídia e inequívocos.

Para Reed, Fraser e Dougill (2006) os indicadores precisam atender ao menos dois critérios. Primeiro, devem medir com precisão e objetividade o progresso em direção aos objetivos de desenvolvimento sustentável. Em segundo lugar, permitir que os usuários locais os apliquem. Além de serem objetivos e utilizáveis, os indicadores precisam ser

holísticos, cobrindo aspectos ambientais, sociais, econômicos e institucionais da sustentabilidade.

Bell e Morse (2003, p. 31) enfatizam que o indicador deve ser:

- específico (estar claramente relacionado aos resultados);
- mensurável (implica que deve ser um indicador quantitativo);
- utilizável (prático);
- sensível (deve mudar rapidamente conforme as circunstâncias mudam);
- disponível (deve ser relativamente simples coletar os dados necessários para o indicador); e
- custo-benefício (não deve ser uma tarefa muito cara acessar os dados necessários).

Na proposta de indicadores desenvolvida por Bragança, Conde, Alvarez (2017, p. 5) para avaliar a sustentabilidade urbana em países latino-americanos, os autores definiram os seguintes critérios: a) estar relacionado ao planejamento urbano; b) ser viável de aplicação e dentro do contexto dos países latino-americanos; c) ser possível de medir ou avaliar qualitativamente; d) não estar contemplado em outro indicador.

Os critérios adotados por Barrera-Roldán e Saldívar-Valdés (2002, p. 252) para a seleção de indicadores para municípios no México foram:

- disponibilidade e confiabilidade da fonte dos dados de informação;
- os dados estatísticos mais atualizados;
- representantes na análise dos três sistemas: natural, social e econômico, bem como a importância regional dos sete municípios selecionados;
- uma abordagem holística que incluiu termos qualitativos e quantitativos.

O processo de seleção realizado por Turcu (2013, p. 705, 706) para analisar três áreas urbanas no Reino Unido perpassou por três etapas. Primeiro, os indicadores precisavam ser 'visíveis', perceptíveis e relevantes no nível local. Segundo, tinham que ser um reflexo de seus cenários urbanos específicos. Terceiro, os indicadores tiveram que refletir as mudanças desencadeadas pelas políticas e investimentos urbanos, a fim de possibilitar sugerir possíveis impactos e relações causais.

2.3.3.5 Conjunto de indicadores potenciais

Os indicadores potenciais podem ser identificados consultando relatórios de sustentabilidade ou ambientais produzidos por outros locais. Inicialmente, se realiza uma revisão abrangente da literatura. Após a confecção da listagem de possíveis indicadores, na qual Maclaren (1996) sugere o envolvimento de especialistas em virtude da expertise. Inúmeros estudos seguiram esta sugestão, tais como: Bahadure e Kotharkar (2018); Elgadi e Ismail (2016); Teriman (2012); Turcu (2013).

E para apoiar as decisões dos especialistas são utilizados métodos de análise, assim como método de análise multicritério (*Multiple Criteria Decision Making - MCDM*) utilizados para se obter decisões importantes que não podem ser determinadas de forma direta (LEE; CHAN, 2007). Dentre os métodos de análise multicritério o *Analytic Hierarchy Process – AHP* é muito utilizado (LEE e CHAN, 2007; SILVA, 2003; PERGORARO, 2016, HAN *et al.*, 2008; SILVA; CÂNDIDO; MARTINS, 2009) por apresentar um excelente desempenho ao lidar com critérios interdependentes e problemas locais envolvendo questões quantitativas e qualitativas. Outra técnica utilizada é a Delphi (LINSTONE; TUROFF, 2002; OKOLI; PAWLOWSKI, 2004; VEIGA; COUTINHO; TAKAYANAGUI, 2013; TERIMAN, 2012), por apresentar as seguintes vantagens mencionadas por Wright e Giovinazzo (2000): a realização de previsões em situações de carência de dados históricos; a utilização de questionários e respostas escritas auxilia na reflexão das respostas; o anonimato nas respostas elimina fatores de status dos respondentes; a realização por correio ou meio eletrônico, possibilita maior adesão dos especialistas que participam de acordo com suas disponibilidades de tempo, reduzindo consideravelmente o custo comparado à realização de participação presencial.

2.3.3.6 Avaliação dos indicadores e seleção de um conjunto final

Esta etapa avalia cada um dos indicadores potenciais em relação aos critérios de seleção identificados na Etapa 4 e no contexto da estrutura conceitual escolhida na Etapa 3. O resultado é um subconjunto dos indicadores finais que melhor atendem aos critérios e atendem aos requisitos da estrutura.

Maclaren (1996) coloca que uma questão fundamental na realização de avaliações de indicadores de sustentabilidade urbana é a possível existência de conflitos entre os

critérios gerais de seleção. Pode não ser possível encontrar um indicador que atenda a todos os critérios gerais de seleção simultaneamente.

Dessa forma, a autora indica a montagem de uma matriz de avaliação, independentemente da complexidade do sistema de avaliação escolhido ou da importância relativa atribuída a diferentes critérios de seleção, a matriz é uma maneira útil de organizar as informações necessárias para avaliar os indicadores de sustentabilidade urbana (MACLAREN, 1996).

2.3.3.7 Coleta de dados e análise dos resultados do indicador

Com a coleta de dados finalizada, a próxima etapa é determinar se os resultados do indicador mostram ou não que estão sendo feitos progressos no sentido de alcançar a sustentabilidade. De acordo com Maclaren (1996) essa etapa do processo geralmente pode ser a mais difícil, porque nem todos podem concordar com a interpretação de um indicador específico.

Por exemplo, nos achados de Turcu (2013) houve uma variação significativa entre a forma como os indicadores do domínio sustentabilidade econômica foram classificados pelos residentes. O indicador que parecia ser mais valioso nesse domínio – empregos locais – foi sinalizado como mais importante somente em uma área das três analisadas, enquanto que nas demais áreas a atividade de negócios e preços da habitação eram consideradas mais importante para a sustentabilidade econômica da área. A conclusão da autora “é que os indicadores podem ser um reflexo de circunstâncias locais específicas e talvez aparentemente insignificantes, e têm significados e valores diferentes para diferentes comunidades” (TURCU, 2013, p. 710).

2.3.3.8 Preparação e apresentação do relatório

Nesta etapa é recomendado apresentar uma descrição do significado de cada indicador, pois é importante possibilitar mudanças e uma avaliação de se o indicador está mostrando movimento em direção ou fora da sustentabilidade.

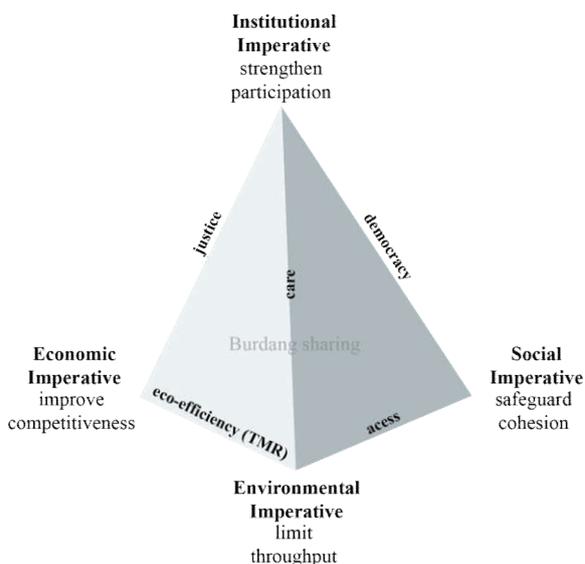
O formato de apresentação possui variações de acordo com o público-alvo. Os indicadores podem ser mantidos totalmente separados, mas listados ou apresentados juntos em uma única tabela ou diagrama (integração visual) ou combinar os indicadores para

gerar um único índice (integração numérica) (BELL; MORSE, 2003). Ambos possuem muitos exemplos. Han *et al.* (2008) construíram um sistema de índice de avaliação para avaliar a sustentabilidade de eco-comunidade na China. Bahadure e Kotharkar (2018), também optaram pela integração numérica ao calcular o índice de sustentabilidade para seus bairros em Índia.

A integração visual é percebida na proposta desenvolvida por Valentin e Spangenberg (2000) na qual um conjunto de indicadores foi representado pelo Prisma da Sustentabilidade (Figura 7) ilustrando a diversidade das visões de sustentabilidade. O prisma também foi utilizado na representação dos estudos de Turcu (2013).

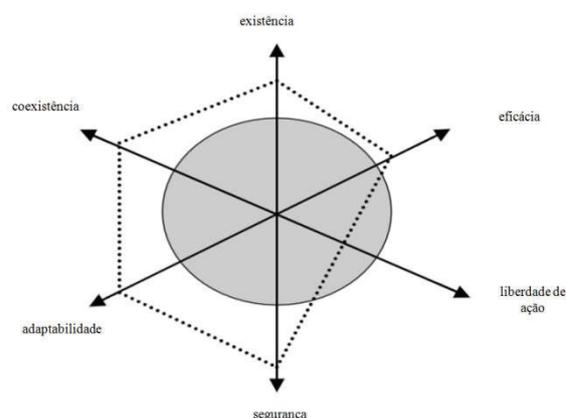
Outro exemplo visual é a estrela orientadora (Figura 8) que dispõe os seis orientadores básicos para a sustentabilidade do sistema apresentada por Bossel (1999). A estrutura subjacente dos orientadores baseia-se na razão entre a taxa de resposta e a taxa de ameaça, sendo que o primeiro precisa ser maior que o segundo para garantir a sustentabilidade.

Figura 7: Prisma da Sustentabilidade



Fonte: Adaptado de VALENTIN;
SPANGENBERG, 2000.

Figura 8: Estrela orientadora



Fonte: Adaptado de BOSSEL, 1999.

O círculo unitário representa a zona de inviabilidade (insustentabilidade). A circunferência representa o valor mínimo para desenvolvimento sustentável (ou seja, uma razão de 1; taxa de resposta à ameaça = taxa de ameaça), com cada braço da estrela tendo que pelo menos igualar isso para o desenvolvimento sustentável. Se caso qualquer uma

das satisfações do orientador apresentar um valor menor que um (exemplo, liberdade de ação na Figura 8), automaticamente, estará dentro do círculo e o sistema indicará não ser viável.

2.3.3.9 Avaliação do desempenho do indicador

O objetivo desta etapa é determinar se os indicadores estão executando adequadamente a medição do que eles deveriam medir. A avaliação do desempenho do indicador pode ser realizada periodicamente, à medida que os dados do indicador se tornam disponíveis (MACLAREN, 1996).

2.4 Estrutura para avaliação da sustentabilidade

Para que as ações e as boas práticas possam contribuir efetivamente com a sustentabilidade é fundamental um acompanhamento e monitoramento, realizados a partir de avaliações de sustentabilidade. As estruturas de avaliação da sustentabilidade surgiram nas décadas finais do século XX e estão sendo vistas como uma importante ferramenta de avaliação de impacto para ajudar a avançar em direção à sustentabilidade ou ao desenvolvimento sustentável (ADEWUMI *et al.*, 2019; NESS *et al.*, 2007; POPE; ANNANDALE; MORRISON-SAUDERS, 2004).

Pope, Annandale e Morrison-Sauders (2004) definem a avaliação de sustentabilidade como um processo para determinar se uma proposta, iniciativa ou atividade, é ou não é, sustentável. Os autores sugerem que a avaliação talvez seja mais importante na aplicação de práticas e atividades existentes. Para Himerath *et al.* (2013) a avaliação da sustentabilidade está aplicando os princípios gerais de sustentabilidade para verificar se, e em que medida, várias ações podem promover a sustentabilidade.

Uma estrutura de avaliação é um modelo conceitual que pode ajudar no desenvolvimento de metas e indicadores. No entanto, na maioria das vezes, a estrutura é projetada para fornecer subsídio ao método de avaliação e seus resultados (BECKER, 2005). A função de uma estrutura é aumentar a confiabilidade, selecionando apenas os indicadores que se enquadrem na proposta. Isso inclui a necessidade de uma definição clara do objetivo que os indicadores devem atingir, quem vai usá-los e como (BELL; MORSE, 2001, 2003).

Para desenvolver uma estrutura de avaliação da sustentabilidade, certos princípios precisam ser respeitados, para que essa estrutura possa auxiliar adequadamente a decisão em relação à sustentabilidade. Como resultado Reed, Fraser e Dougill (2006) e Happio (2012) identificaram os seguintes princípios: contexto local; participação do público em seu desenvolvimento; e não deve ser um desvio da bibliografia nacional, recomendações, regulamentos nacionais, códigos de construção, patrimônio cultural, modo de viver e construção de cultura.

2.4.1 Base para o desenvolvimento da estrutura

A avaliação baseada em indicadores tem sido uma abordagem amplamente utilizada para medir a sustentabilidade de um desenvolvimento (BELL; MORSE, 2001, 2003). A literatura indica duas abordagens metodológicas: uma que é liderada por especialistas - *top-down*; e uma que é baseada na comunidade - *bottom-up*.

Os indicadores propostos a partir da abordagem *top-down* são geralmente coletados rigorosamente, examinados por especialistas e avaliados quanto à relevância usando ferramentas estatísticas. Esse processo expõe tendências (tanto entre regiões quanto ao longo do tempo), não envolve as comunidades locais. Os indicadores de métodos *bottom-up* apresentam compreensão do contexto local. Esse processo fornece uma boa fonte de indicadores, mas também oferece a oportunidade de melhorar a capacidade da comunidade de aprender e compreender (BELL; MORSE, 2001; REED; FRASER; DOUGILL, 2006).

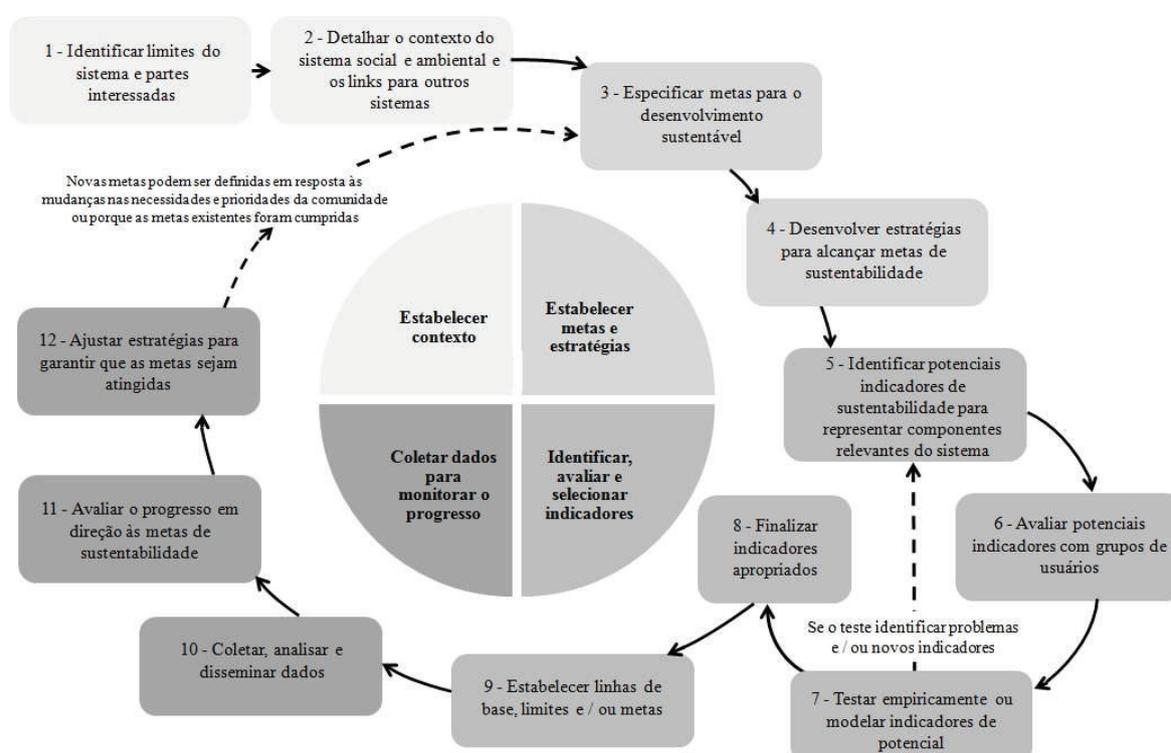
Entretanto, Maclaren (1996) alerta que pode haver discrepâncias consideráveis entre as comunidades em termos de seus indicadores preferidos. Tendo em vista, que as escolhas de indicadores são moldadas por objetivos de sustentabilidade conduzidos pela comunidade e, por sua vez, são influenciados pelas condições ambientais, econômicas e sociais locais. E podem não ter a capacidade de monitorar de forma precisa ou confiável a sustentabilidade (REED; FRASER; DOUGILL, 2006).

A divisão entre as abordagens ideológicas (*top-down e bottom-up*) pode ser superada na medida em que, trabalhando em conjunto, os membros da comunidade e pesquisadores podem desenvolver indicadores de sustentabilidade localmente relevantes, objetivos e fáceis de coletar capazes de informar a tomada de decisões gerenciais (REED; FRASER; DOUGILL, 2006).

Neste processo de desenvolvimento de indicadores, os tomadores de decisão possuem relevância ao auxiliarem no estabelecimento das metas e, na responsabilidade para garantir sua consecução (BELL; MORSE, 2003).

Para o desenvolvimento de avaliações de sustentabilidade baseadas em indicadores a Figura 9 resume as melhores práticas para o desenvolvimento e aplicação de indicadores de sustentabilidade em escalas locais propostas por Reed, Fraser e Dougill (2006).

Figura 9: Processo de aprendizado adaptativo para desenvolvimento e aplicação de indicadores de sustentabilidade



Fonte: Adaptado de REED; FRASER; DOUGILL, 2006.

O processo adaptativo integra as abordagens *bottom-up* e *top-down* em uma estrutura que combina as melhores práticas dos diferentes métodos para orientar a avaliação de sustentabilidade local, visando à formulação de indicadores de sustentabilidade mais relevantes (REED; FRASER; DOUGILL, 2006).

2.5 Ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

Um sistema de avaliação de sustentabilidade de bairro é uma ferramenta que avalia o desempenho de sustentabilidade de um determinado bairro de acordo com um conjunto de critérios e temas, com vistas a avaliar sua posição em direção ao caminho da sustentabilidade (SHARIFI; MURAYAMA, 2013). As ferramentas de avaliação da sustentabilidade de bairros (*Neighborhood Sustainability Assessment - NSA*) também são referidas como: ferramenta de avaliação de sustentabilidade distrital, ferramenta de classificação de sustentabilidade de bairro, ferramenta de classificação de comunidade sustentável (KOMEILY; SRINIVASAN, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2013).

A construção de ferramentas de avaliação da sustentabilidade foi estabelecida desde a década de 1990 (YOON; PARK, 2015). Inicialmente com as ferramentas de avaliação para os edifícios, a pioneira foi a BREEAM (Reino Unido), seguida da LEED (Estados Unidos), CASBEE (Japão) e DGNB (Alemanha), com abordagem para o desempenho ambiental (GIL; DUARTE, 2013; DAWODU, AKINWOLEMIWA; CHESHMEHZANGI, 2016; WANGEL *et al.*, 2016). No entanto, essas ferramentas falharam em capturar a interação entre os edifícios e a infraestrutura ambiental onde esses edifícios estavam localizados, pois não incluíam “múltiplas dimensões da sustentabilidade, em particular, as dimensões sociais e econômicas” (KOMEILY; SRINIVASAN, 2015, p. 33).

Diante dessas constatações, pesquisadores e organizações começaram a se concentrar na avaliação da sustentabilidade em um nível intermediário, ou seja, o bairro. Esta abordagem surge como “uma resposta às crescentes preocupações sobre o aumento da população total e o impacto ambiental que recentemente atingiu níveis críticos em várias cidades e áreas urbanas em todo o mundo” (LÜTZKENDORF; BALOUKTSI, 2017, p. 546).

O sistema europeu HQE₂R foi o precursor no desenvolvimento de sistema de certificação para distrito urbano sustentável, desenvolvido entre 2001 e 2004, seguido do EarthCraft Communities (ECC) desenvolvido em Atlanta (Estados Unidos) e lançado em 2003 (WANGEL *et al.*, 2016). No período de 2006-2009 foram lançados o sistema japonês CASBEE-UD seguido, posteriormente, do LEED-ND e do BREEAM Communities (KOMEILY; SRINIVASAN, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2014b). O sistema alemão DGNB-UD teve lançamento em 2011 e uma versão piloto do australiano Green Start Communities em 2012 (WANGEL *et al.*, 2016).

Sharifi e Murayama (2013, p.77) apresentam as características para uma boa ferramenta de NSA:

(a) Cobertura de sustentabilidade - consideração dos principais temas da sustentabilidade dos bairros com base nos quais seu desempenho seja mensurado de forma abrangente e integrada;

(b) Inclusão de pré-requisitos - estratégias de referência para garantir a realização de um determinado nível de desempenho;

(c) Adaptação à localidade - consideração das necessidades e prioridades específicas do contexto nas avaliações;

(d) Métodos de pontuação e ponderação - rigorosos para serem usados para marcar e pesar diferentes critérios;

(e) Mecanismos de participação para envolver diferentes partes interessadas durante as fases de desenvolvimento e operacional;

(f) Apresentação de resultados - relatório dos resultados da avaliação de forma significativa para os tomadores de decisão, e;

(g) Aplicabilidade - praticabilidade das ferramentas e estratégias da NSA para aumentar sua aplicabilidade.

As ferramentas são divididas em duas categorias por Sharifi e Murayama (2013): as ferramentas de tomada de decisão incorporadas no planejamento da escala do bairro (por exemplo, HQE2R, Ecocity, SCR, EcoDistricts, SPeAR, One Planet Living, Cascadia Scorecard, EcoDistricts Performance e Assessment Toolkit) e os sistemas criados a partir de sistemas de avaliação de edifícios de terceiros existentes (por exemplo, LEED-ND, ECC, BREEAM Communities, CASBEE-UD, Qatar Sustainability Assessment System, (QSAS) Neighborhoods, Green Star Communities, Green Mark for Districts e Green Neighborhood Index (GNI)).

As ferramentas NSA no campo teórico resultam dos estudos sobre a comparação entre ferramentas existentes (REITH; OROVA, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2013, 2014a; YILDIZ *et al.*, 2016), proposição de um novo modelo conceitual de avaliação (DAWODU; AKINWOLEMIWA; CHESHMEHZANGI, 2016), aplicação comparativa em estudos de casos (ARSLAN; DURAK; AYTAC, 2016; HAPPIO, 2012; HURLEY; HORNE, 2006; KOMEILY; SRINIVASAN, 2015; KYRKOUA; KARTHAUS, 2011; OREGI *et al.*, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2014b; YOON; PARK, 2015).

A partir da análise qualitativa das publicações resultante da revisão sistemática da literatura foi possível identificar as seguintes ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro (Quadro 11).

Quadro 11: Ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

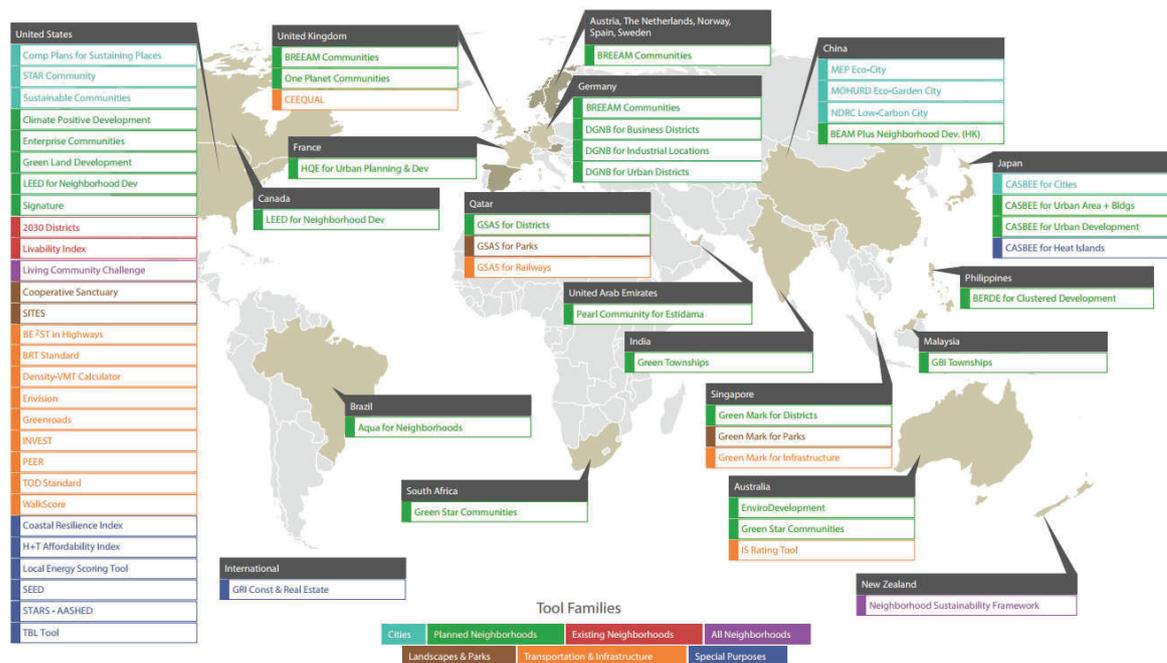
Ferramenta	País	Publicações
LEED-ND	Estados Unidos da América	ARSLAN; DURAK; AYTAC (2016); HURLEY; HORNE (2006); KOMEILY; SRINIVASAN (2015); KYRKOVA; KARTHAUS (2011); REITH; OROVA (2015); SHARIFI; MURAYAMA (2013, 2014a e 2014b); YILDIZ <i>et al.</i> (2016); YOON; PARK (2015).
BREEAM Communities	Reino Unido	DAWODU; AKINWOLEMIWA; CHESHMEHZANGI (2016); KYRKOVA; KARTHAUS (2011); REITH; OROVA (2015); SHARIFI; MURAYAMA (2014A E 2014B); YILDIZ <i>et al.</i> (2016); SHARIFI; MURAYAMA (2013); YOON; PARK (2015).
DGNB-UD	Alemanha	REITH; OROVA (2015); YILDIZ <i>et al.</i> (2016)
CASBEE-UD	Japão	DAWODU; AKINWOLEMIWA; CHESHMEHZANGI (2016); KYRKOVA; KARTHAUS (2011); REITH; OROVA (2015); SHARIFI; MURAYAMA (2014a e 2014b); YILDIZ <i>et al.</i> (2016); SHARIFI; MURAYAMA (2013); YOON; PARK (2015).
IGBC Township	Índia	DAWODU; AKINWOLEMIWA; CHESHMEHZANGI (2016)
GBI Township	Malásia	DAWODU; AKINWOLEMIWA; CHESHMEHZANGI (2016)
Green Mark for Districts	Singapura	SHARIFI; MURAYAMA (2014a); YILDIZ <i>et al.</i> (2016);
EarthCraft Communities (ECC)	Estados Unidos da América	SHARIFI; MURAYAMA (2013)
HQE2R	França	HURLEY; HORNE (2006); SHARIFI; MURAYAMA (2013)
Ecocity	Comissão Europeia	SHARIFI; MURAYAMA (2013)
SCR	Austrália	SHARIFI; MURAYAMA (2013)

Fonte: Dados da pesquisa sistemática, elaborado pela autora (2018), tradução nossa.

As ferramentas Green Star Communities, Star Community Index, GSAS / QSAS Neighborhoods foram apenas citadas por Sharifi e Murayama (2014a). Os autores Oregi *et al.* (2015) apresentaram as ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) distintas em dois grandes grupos, as ferramentas de NSA: DPL, software GPR Urban Planning, ferramenta TRACE, ferramenta Transep-DGO, software DECA, software CitySim, TERMIS, ferramenta WaterCAD, Simulação de Mobilidade Urbana (SUMO), TransModeler, Autodesk Ecotect Analysis. E as ferramentas com abordagem de Ciclo de Vida (LCA-LCC): NEST (Avaliação de vizinhança para territórios sustentáveis) e UrbiLCA.

Uma pesquisa global de ferramentas de avaliação da sustentabilidade urbana (2014) menciona que dentre 59 ferramentas de classificação de sustentabilidade identificadas, 24 são para bairros planejados e apenas 2 são para bairros existentes, conforme ilustra a Figura 10.

Figura 10: Ferramentas de classificação de sustentabilidade urbana identificadas no mundo



Fonte: CRITERION PLANNERS, 2014.

Nota-se um esforço mundial dos países, principalmente dos Estados Unidos da América, em virtude de ser o local que concentra a maioria das iniciativas de desenvolvimento de ferramentas para avaliar a sustentabilidade urbana, conforme exposto na Figura 10, seguido de Alemanha, China e Japão.

2.5.1 Apresentação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

A apresentação das ferramentas se concentra em duas etapas, a partir de critérios resultantes deste estudo. A primeira apresenta as ferramentas que se destacaram nos estudos observados na revisão sistemática: BREEAM Communities, CASBEE-UD e LEED-ND, as quais integram a segunda categoria de Sharifi e Murayama (2013), ou seja, de sistemas criados a partir de sistemas de avaliação de edifícios e cujos objetivos estão apresentados no Quadro 12. Acrescida da ferramenta Aqua Bairros e Loteamentos baseada

na ferramenta francesa démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) e no processo HQE™ - Aménagement adaptada para o contexto brasileiro. A segunda etapa apresenta as ferramentas identificadas para avaliar bairros existentes: 2030 Districts e Livability Index.

Quadro 12: Objetivos das ferramentas de avaliação

Ferramenta	Nome	Objetivo
BREEAM Communities	<i>Building Research Establishment Environment Assessment Method (for) Communities</i>	Apoiar a mitigação dos impactos ambientais do ambiente construído; fornecer benefícios sociais e econômicos; permitir que os desenvolvedores sejam reconhecidos; e estimular a demanda por desenvolvimento sustentável.
CASBEE-UD	<i>Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency Urban Development</i>	Avaliar projetos de desenvolvimento urbano onde existam várias construções arquitetônicas e outras áreas para diversos fins, como estradas, praças públicas e espaços verdes.
LEED-ND	<i>Leadership in Energy and Environment Design Neighborhood Development</i>	Estabelecer um padrão nacional de liderança para avaliar e recompensar as práticas ambientais de desenvolvimento ambiental do bairro no âmbito da estrutura do Sistema de Classificação de Edifícios Verdes LEED®
	AQUA Bairros e Loteamentos	Realizar a certificação de empreendimentos integrados a seus territórios, com controle dos impactos sobre o meio ambiente, considerando seu ciclo de vida, com vistas a favorecer o desenvolvimento econômico e social, promovendo qualidade de vida.
	2030 Districts	Reduzir em 50% o consumo de energia, de água e emissões de CO2 para edifícios e infraestrutura existentes e novos desenvolvimentos até 2030.
	Livability Index	Medir a habitabilidade da comunidade.

Fonte: Architecture 2030 (2016); BRE (2015); 2030 Districts (2015, 2016); IBEC (2016); USGBC (2014); FCAV (2011), tradução nossa.

2.5.1.1 BREEAM Communities - Building Research Establishment Environment Assessment Method (for) Communities

O BREEAM foi o primeiro método de avaliação ambiental para novos projetos de construção; lançado em 1990, com atualizações regulares ao longo dos anos. Expandiu sua família com a pretensão de ser um veículo de apoio ao projeto, bem como de avaliação, em todas as fases e infraestruturas do ciclo de vida do edifício, incluindo o planejamento principal de empreendimentos de grande escala, criando o BREEAM Communities (BRE, 2013).

Segundo o BRE (2013), o BREEAM Communities é uma estrutura para considerar as questões e oportunidades que afetam a sustentabilidade no estágio inicial do processo de

projeto para um desenvolvimento de bairro/comunidade. Há três etapas envolvidas na avaliação da sustentabilidade no nível de planejamento principal: Passo 1 - Estabelecendo o princípio do desenvolvimento; Passo 2 - Determinação do layout do desenvolvimento e Passo 3 - Projetando os detalhes.

A versão 2012, utilizada neste estudo, divide os critérios de avaliação em cinco categorias técnicas: governança; bem-estar social e econômico; recursos e energia; uso do solo e ecologia; transporte e movimento e uma sexta categoria denominada inovação (BRE, 2013). A categoria 'Bem-estar social e econômico' foi dividida em três subcategorias para fins de ponderação, a saber: economia local, bem-estar social e condições ambientais. As categorias possuem 40 questões de avaliação individuais.

Cada uma das questões de avaliação possui um número de créditos atribuídos, que são concedidos quando o projeto e o plano de desenvolvimento atendem aos níveis de desempenho definidos para essa questão. Os "créditos de inovação" fornecem reconhecimento adicional a um desenvolvimento que inova no campo do desempenho sustentável, acima e além do nível que atualmente é reconhecido e recompensado dentro das questões padrão do BREEAM. Um adicional de 1% pode ser acrescido ao score final da categoria para o qual a inovação é mais relevante. O número máximo de créditos de inovação que podem ser concedidos para qualquer proposta de desenvolvimento avaliada é 7 (BRE, 2013).

O sistema BREEAM Communities utiliza créditos obrigatórios em todas as questões individuais do passo 1 e no passo 2 a obrigatoriedade para atendimento está atrelada à questão GO 02 – Consulta e engajamento, não há obrigatoriedade nas questões do passo 3. Uma proposta de desenvolvimento não pode alcançar um certificado e uma classificação BREEAM Communities sem abordar todos os critérios obrigatórios.

As ponderações de categoria foram desenvolvidas determinando o impacto de cada categoria em relação a cada um dos três aspectos da sustentabilidade: social, econômico e ambiental. Após as ponderações de categoria, as questões de avaliação individual foram ponderadas, priorizando a importância de cada questão de avaliação em termos de seu impacto sobre o objetivo geral da categoria. O procedimento para pontuação se efetua pela multiplicação dos créditos atribuídos para cada questão pelos créditos ponderados respectivos, a soma deste resultado resulta na pontuação da categoria. A pontuação final ocorre pela soma da pontuação ponderada de todas as categorias, podendo receber um adicional de 1% referente ao crédito de inovação. A classificação do BREEAM

Communities se divide em seis intervalos de não classificado com percentuais <30 pontos a classificação excepcional ≥ 85 .

2.5.1.2 CASBEE-UD - Comprehensive Assessment System for Assessment Method (for) Communities

O Sistema de Avaliação Abrangente da Eficiência do Ambiente Construído (CASBEE) é um método para avaliar e classificar o desempenho ambiental dos edifícios e do ambiente construído. O CASBEE foi desenvolvido por um comitê de pesquisa estabelecido em 2001, com a colaboração da academia, indústria e governos nacionais e locais, que estabeleceram o *Japan Sustainable Building Consortium* (JSBC) (IBEC, 2016).

O sistema de avaliação CASBEE forma um conjunto de diferentes ferramentas, conhecida como “Família CASBEE” englobando ferramentas para avaliação de prédios a cidades. Segundo IBEC (2016) o CASBEE-UD é uma ferramenta que avalia projetos de desenvolvimento urbano onde existem várias construções arquitetônicas e outras áreas para diversos fins, como estradas, praças públicas e espaços verdes. O CASBEE-UD aplica uma metodologia única para avaliação na qual a eficiência ambiental é calculada dividindo a qualidade ambiental no desenvolvimento urbano (QUD) dentro do limite do local pela carga ambiental no desenvolvimento urbano (LUD) nos espaços além do limite do local.

Os critérios de qualidade ambiental são divididos em três itens: meio ambiente, sociedade e economia. A carga ambiental é representada como o nível de esforço de redução das emissões de carbono, sendo avaliada pelos seguintes itens: emissões de CO₂ do setor de tráfego, do setor de construção e absorção de CO₂ do setor verde (IBEC, 2014).

Cada item é avaliado e pontuado em cinco fileiras do nível 1 ao nível 5. A pontuação padrão é o nível 3 (IBEC, 2014). O nível três representa as situações normais no Japão, é usado como nível de referência para avaliação.

Para obter a pontuação, os créditos são concedidos com base em quanto o desempenho está acima ou abaixo do nível três. Os escores ponderados dos itens são somados para fornecer a pontuação total dos critérios de nível mais alto. Este procedimento é reiterado até que os escores de qualidade ambiental (Q) e carga ambiental (L) sejam obtidos. A pontuação final para o desenvolvimento é chamada de Eficiência Ambiental de Desenvolvimento Urbano (BEEUD). A avaliação CASBEE classifica em cinco categorias:

Excelente (S) considera BEE >3.00 e $Q \geq 50$, Muito Boa (A), equivale BEE = 1.5-3.00, Boa (B +), onde BEE = 1.00-1.50, Ligeiramente Insatisfatório (B-), considera BEE = 0.5-1.00 e Insatisfatório (C), onde BEE ≤ 0.5 .

2.5.1.3 LEED-ND - Leadership in Energy and Environment Design Neighborhood Development

O sistema de certificação Liderança em Energia e Design Ambiental (LEED) foi desenvolvido por um comitê composto por arquitetos, agentes imobiliários, proprietário de edifício, advogado, ambientalistas e representantes de indústrias, a fim de responder uma necessidade identificada pelo *US Green Building Council* (USGBC) no ano de 1993, a definição de um sistema para medir “edifícios verdes” (USGBC, 2014). A primeira versão 1.0 foi lançada em 1998. O LEED for Neighborhood Development (LEED-ND) é o mais recente sistema de certificação LEED lançado, data do ano de 2009 (USGBC, 2014), com uma versão piloto introduzida em 2007 (SHARIFI; MURAYAMA, 2014b) e a versão 4 lançada em 2014 (WANGEL, *et al.*, 2016), e atualizada em 02 de julho de 2018 (USGBC, 2019).

O US Green Building Council (USGBC), o Congresso para o Novo Urbanismo (CNU) e o Natural Resources Defense Council (NRDC) - organizações que representam alguns dos líderes americanos, entre profissionais, construtores, planejadores e comunidade ambiental - se uniram para desenvolver um sistema de classificação para o planejamento e desenvolvimento da vizinhança com base nos princípios combinados de crescimento inteligente, Novo Urbanismo e infraestrutura e construção verdes (USGBC, 2014). O LEED-ND para Desenvolvimento do Bairro orienta a concepção e tomada de decisões, servindo como um incentivo para uma melhor localização, design e construção de novos conjuntos residenciais, comerciais e de uso misto.

De acordo com o USGBC (2014), o sistema de classificação destina-se a certificar projetos exemplares de desenvolvimento urbano com um bom desempenho em termos de crescimento inteligente, urbanismo autossustentável e construção ecológica. Os projetos podem constituir bairros inteiros, frações de bairros ou vários bairros. Não há tamanho mínimo ou máximo para um projeto LEED-ND, mas a pesquisa do comitê central determinou que um tamanho mínimo razoável fosse de pelo menos dois prédios habitáveis e que a área máxima que pode ser considerada um bairro é de 129,5 hectares. A

certificação está disponível para projetos com escala de bairro em qualquer fase de planejamento e projeto, ou até 75% construído.

Para fornecer a certificação LEED-ND, o núcleo de comissão estabelece as três fases seguintes do processo de certificação: a fase 1 inclui aprovação opcional do plano de desenvolvimento, na fase 2 a pré-certificação pode ser obtida e na fase 3 a certificação completa pode ser obtida após o atendimento de todos os pré-requisitos e créditos solicitados.

Os critérios de avaliação são categorizados em cinco temas: localização inteligente e conexões; desenho de bairro; infraestrutura verde e edificações; inovação e processo de projeto e créditos prioritários regionais. O sistema possui 12 critérios distribuídos entre os temas que são considerados pré-requisitos obrigatórios e 47 critérios que são créditos, ao total são 59 critérios, os quais totalizam uma pontuação máxima de 110 pontos. Os pesos para cada critério são alocados com base nas opiniões de um painel de especialistas envolvidos no desenvolvimento do esquema de avaliação, aqueles que são considerados mais impactantes recebem pesos maiores. O desempenho é comparado com o benchmark para determinar o número de créditos que cada critério pode alcançar. Os créditos alcançados são então somados para dar a pontuação geral e o empreendimento avaliado necessita de pontuação mínima entre 40 pontos a 49 pontos para receber a certificação. Há uma classificação da pontuação em níveis: prata (50-59 pontos), ouro (60-79 pontos) e platina (acima de 80 pontos) (USGBC, 2014).

2.5.1.4 Aqua Bairros e Loteamentos

O Aqua Bairros e Loteamentos é um processo de certificação desenvolvido pela Fundação Vanzolini com base na certificação francesa démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) e no processo HQE™ - Aménagement⁶. A Fundação Vanzolini elaborou, no ano de 2009, o documento Referencial Técnico AQUA – Bairros e Loteamentos que possui toda a descrição do processo, juntamente com o regulamento de certificação, requisitos do Sistema de Gestão do Bairro/loteamento – SGB, indicadores da Qualidade Ambiental do Bairro/loteamento – QAB e guia prático (FCAV, 2011).

⁶ O démarche HQE™ - Aménagement é um método genérico que pode ser adaptado a qualquer tipo de empreendimento e ser apropriado por qualquer tipo de ator.

O Aqua Bairros e Loteamentos é um processo que se apóia nas normas de qualidade ISO 14001 e ISO 9001 e no documento Abordagem Ambiental Urbana (AAU) desenvolvido pela agência francesa ADEME (*Agence de l'Environnement et de La Maitrise de l'Energie*). E busca conjugar os pilares econômicos, sociais e ambientais do desenvolvimento sustentável.

Segundo a FCAV (2011), este processo pode ser aplicado a qualquer empreendimento de assentamento urbano, sem distinção de tamanho, método, contexto territorial ou destinação: renovação ou extensão, urbano ou rural, moradia ou atividades diversas. A sua aplicação é voluntária sendo solicitada pelo empreendedor.

O processo utiliza-se de um sistema de gestão do projeto aliado a critérios de qualidade, sendo composto por dois elementos essenciais do processo: Sistema de Gestão do Bairro (SGB) e Qualidade Ambiental do Bairro (QAB). O SGB objetiva organizar e coordenar o projeto, permitindo a avaliação em todas as suas fases. A QAB é uma abordagem temática, com 17 temas relacionados a assentos urbanos sustentáveis, cujo objetivo é auxiliar na definição do projeto (FCAV, 2011, p. 11).

O Sistema de Gestão do Bairro (SGB) constitui parte importante no processo, pois permite a condução eficaz de um empreendimento. O sistema realiza a gestão e coordenação do processo, organiza a comunicação entre os diversos atores envolvidos, acompanha os indicadores da QAB, monitora a evolução de todo o processo constantemente.

O SGB está organizado em seis etapas para a condução da implantação e acompanhamento do empreendimento, detalhadas em forma de fichas (Figura 11).

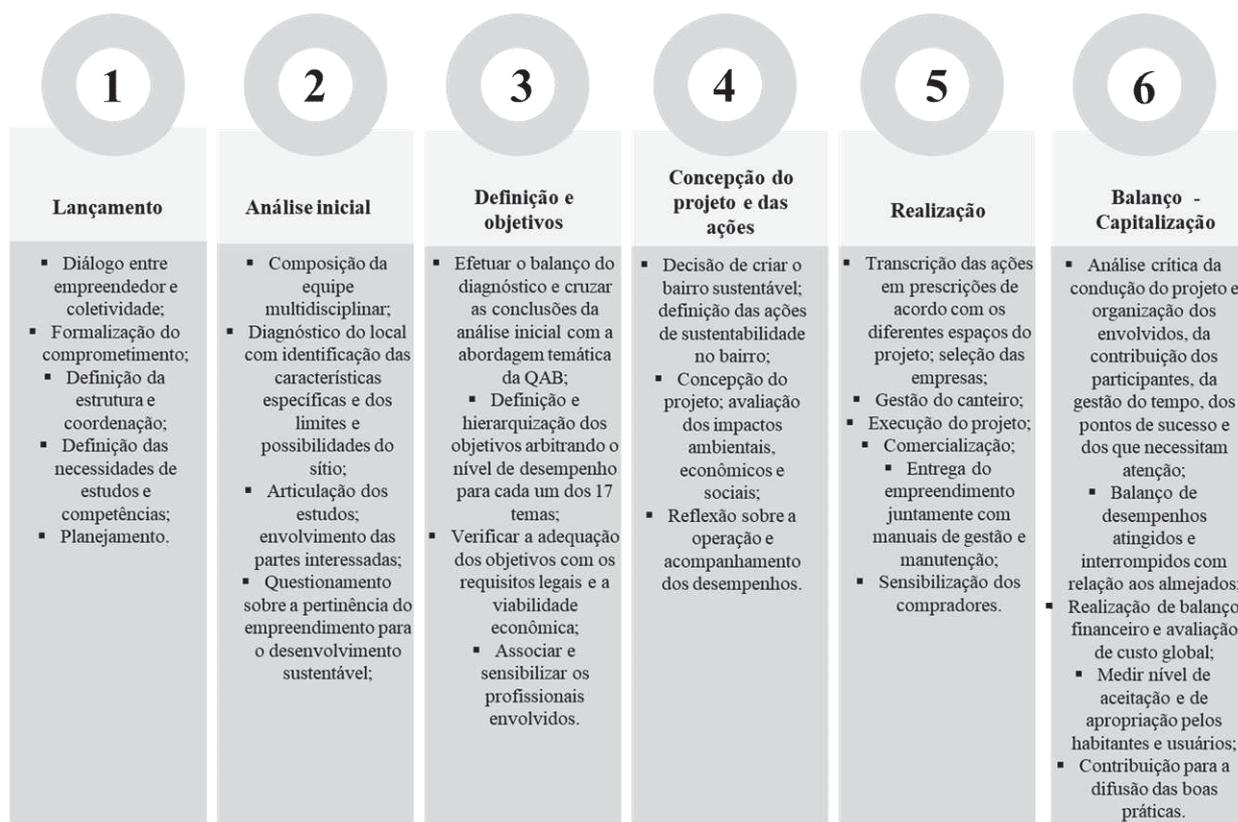
A QAB é uma ferramenta de reflexão multicritérios que, juntamente com o diagnóstico realizado do empreendimento, subsidia as decisões de projeto e possibilita uma análise global de seu desenvolvimento. É constituída por 17 temas, 33 subcategorias, totalizando 71 indicadores. A estrutura dos temas se subdivide em três grupos:

Assegurar **a integração e a coerência do bairro** com o tecido urbano e as outras escalas do território. 1. Território e contexto local; 2. Densidade; 3. Mobilidade e acessibilidade; 4. Patrimônio, paisagem e identidade e; 5. Adaptabilidade e potencial evolutivo.

Preservar **os recursos naturais** e promover a qualidade ambiental e sanitária do bairro. 6. Água; 7. Energia e clima; 8. Materiais e equipamentos urbanos; 9. Resíduos; 10. Ecossistemas e biodiversidade; 11. Riscos naturais e tecnológicos e; 12. Saúde.

Estimular a integração na **vida social** e fortalecer as **dinâmicas econômicas**. 13. Economia do projeto; 14. Funções e pluralidade; 15. Ambientes e espaços públicos; 16. Inserção e formação e; 17. Atratividade, dinâmicas econômicas e estruturas de formação locais. A análise temática da QAB leva à formulação dos objetivos do empreendimento e colabora com a concepção do projeto e debate entre os envolvidos no processo.

Figura 11: Etapas do SGB



Fonte: FCAV, 2011b.

Os 17 temas da QAB devem ser hierarquizados, traçando o perfil de desempenho almejado e coerente com as características do empreendimento. Todos os temas devem ser atendidos, conforme o perfil traçado para o empreendimento.

A certificação é realizada a partir de auditorias presenciais para cada fase do empreendimento, efetuada pela Fundação, onde é verificado se os requisitos do SGB e da QAB estão sendo cumpridos conforme planejado. As fases de auditoria do empreendimento estão divididas em: programa, concepção (projeto), realização (construção) e pós-ocupação (opcional).

Para a obtenção da certificação, o sistema AQUA é classificado em três níveis: Bom (práticas correntes, legislação), Superior (boas práticas) e Excelente (melhores práticas). Para cada indicador o sistema apresenta requisitos obrigatórios e específicos para cada nível de desempenho.

Os empreendimentos deverão atingir um desempenho mínimo para obter a certificação. Dessa maneira, o empreendimento deverá atender como requisito mínimo 4 temas dos 17 temas aplicáveis no nível Excelente, 5 temas dos 17 temas no nível Superior e atender 8 temas no nível Bom.

No entanto, se ocorrer a não aplicabilidade de alguns indicadores, durante a avaliação do empreendimento, o empreendedor emite uma justificativa. Nesse caso, o requisito é considerado como atendido e a avaliação prossegue. Portanto, o processo AQUA avalia a coerência das soluções adotadas de acordo com as especificidades do empreendimento, conforme as características individuais de cada projeto.

O processo AQUA emite os certificados para cada fase do empreendimento. Dessa forma, as etapas 1, 2 e 3 (lançamento, análise inicial e definição e comprometimento com os objetivos, respectivamente), referem-se à fase Programa da certificação; a etapa 4 (concepção do projeto e das ações) é pertinente à fase Concepção; e as duas últimas etapas (realização e balanço – capitalização) estão vinculadas à fase Realização.

As diferenças da certificação AQUA para as demais certificações apresentadas anteriormente se relacionam com a emissão dos certificados independentes para cada fase avaliada e a forma de avaliação por desempenho.

2.5.1.5 2030 Districts

A Architecture 2030 é uma organização sem fins lucrativos, criada em 2002, em resposta à crise das mudanças climáticas. Possui dois objetivos principais: reduzir o consumo de combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa no ambiente construído e desenvolver um ambiente construído sustentável e resiliente (ARCHITECTURE 2030, 2016).

No ano de 2006 iniciou o Desafio 2030 voltado para o setor de construção com o movimento de emissões zero no setor. A partir desta iniciativa os desafios se estenderam para o planejamento e produtos (ARCHITECTURE 2030, 2016).

O 2030 Districts se insere na iniciativa da Architecture 2030, baseada no Desafio de Planejamento de 2030, criada para reduzir o consumo de energia, de água e emissões de CO2 para edifícios e infraestrutura existentes, bem como novos desenvolvimentos (2030 DISTRICTS, 2015, 2016; ARCHITECTURE 2030, 2016). Essa iniciativa reúne proprietários e gestores de propriedades, governos locais, empresas e partes interessadas da comunidade com o intuito de que parcerias públicas e privadas dentro de distritos específicos (geralmente áreas centrais ou urbanas) podem atingir essas metas de redução por meio de financiamento e recursos compartilhados.

Essa parceria alinha os setores público e privado, fornecendo as mesmas métricas e ferramentas para ambos, a fim de atingir efetivamente as metas, além de complementar as iniciativas existentes. Algumas das ferramentas disponíveis para proprietários e gestores de edifícios do setor privado são: construção de avaliações de desempenho, treinamento e suporte contínuo, benchmarking e escopo e viabilidade de projetos (2030 DISTRICTS, 2016).

A rede conta com 22 distritos estabelecidos somando 492 milhões de metros quadrados de imóveis comerciais cujos proprietários se comprometeram a trabalhar para alcançar as metas do Desafio de Planejamento da Architecture 2030 para reduzir o uso de recursos. A relação dos distritos com a quantidade de metros quadrados comprometidos se encontra descrito no Quadro 13.

Quadro 13: Distritos e quantidade de metros quadrados

Distrito	Quantidade de m²	Distrito	Quantidade de m²
Albuquerque	12 milhões m ²	Los Angeles	11 milhões m ²
Ann Arbor	11 milhões m ²	Filadélfia	19 milhões m ²
Austin	17 milhões m ²	Pittsburgh	83 milhões m ²
Burlington	17 milhões m ²	Portland	2 milhões m ²
Cincinnati	20 milhões m ²	San Antonio	11 milhões m ²
Cleveland	57 milhões m ²	São Diego	19 milhões m ²
Dallas	32 milhões m ²	São Francisco	15 milhões m ²
Denver	26 milhões m ²	Seattle	58 milhões m ²
Detroit	19 milhões m ²	Stamford	12 milhões m ²
Grand Rapids	14 milhões m ²	Toronto	27 milhões m ²
Ithaca	0,2 milhões m ²	Tucson	10 milhões m ²

Fonte: Autora, 2019, a partir de 2030 DISTRICTS, 2019.

As metas de reduções estabelecem que todos os edifícios e infraestruturas existentes deverão reduzir em 50% o consumo de energia, água e emissões até 2030 (ARCHITECTURE 2030, 2018). A implementação do padrão de redução é gradativa,

iniciou com um percentual de 15% em 2018, passou para 20% em 2020, prevê 35% para 2025, com perspectiva de 50% em 2030 (ARCHITECTURE 2030, 2018). O Quadro 14 resume as metas de redução do 2030 Districts (2030 DISTRICTS, 2016).

Quadro 14: Metas de redução 2030 Districts

	Novos edifícios e infraestrutura	Edifícios e infraestruturas existentes
Uso de energia	Redução de 70% abaixo da média nacional, com metas incrementais, atingindo carbono neutro até 2030	Mínimo de 20% de redução abaixo da média nacional até 2020 com metas incrementais, chegando a 50% de redução até 2030
Uso da Água	Redução imediata de 50% abaixo da média atual do distrito	Mínimo de 20% de redução abaixo da média do distrito até 2020, com metas incrementais, chegando a 50% de redução até 2030
Emissões de CO2	Redução imediata de 50% abaixo da média do distrito	Mínimo de 20% de redução abaixo de 2020 com meta incremental, chegando a 50% de redução até 2030

Fonte: 2030 DISTRICTS, 2016, tradução nossa.

A Architecture 2030 e o Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) formaram uma parceria para criar um kit de ferramentas do 2030 Districts para a eficiência energética de edifícios comerciais pequenos (*Food Service, Main Street e Strip Malls*⁷), oferecendo aos membros do Distrito que acessem ferramentas técnicas e não técnicas, a partir de um portal Web - www.2030districts.org, que apoiam a consecução de metas distritais de energia, carbono e água. As ferramentas técnicas permitem que os proprietários de edifícios visualizem cálculos e resultados específicos relacionados à redução de custos de energia e energia, como eficiência de iluminação, e opções recomendadas para seu prédio específico. As ferramentas não técnicas exibem as possibilidades de redução de custos de energia e energia por meio de estudos de casos existentes na biblioteca de estudo de caso, financiamento e informações sobre recursos (BARNES; PARRISH, 2016).

De acordo com Barnes e Parrish (2016) o kit de ferramentas foi criado para solucionar os principais problemas de eficiência energética no setor comercial de pequeno porte, visando atingir as metas de redução de energia estabelecidas pela Architecture 2030.

⁷ Food service: serviços de alimentação; main street: lojas de rua; strip malls: shoppings (tradução nossa).

2.5.1.6 Livability Index

O Livability Index foi desenvolvido pelo Instituto de Políticas Públicas da Associação Americana de Aposentados (AARP) como uma ferramenta baseada na Web para medir a habitabilidade da comunidade (AARP, 2015a).

A AARP é uma associação sem fins lucrativos dos Estados Unidos, representando a população da América com mais de 50 anos, enfatiza a necessidade de incorporar as preocupações da população mais idosa na política e na tomada de decisões em todos os níveis. Essas preocupações incluem representação ativa e participação em conselhos locais de zoneamento, agências de planejamento metropolitano e outras organizações que influenciam o projeto e o desenvolvimento da comunidade (FIDLER; OLSON; BEZOLD, 2011; KASHEF, 2016).

A associação se mostra ativa diante destas preocupações e para ajudar os voluntários mais velhos da comunidade, defensores e planejadores comunitários a identificar moradia, transporte, mobilidade, recreação e outras necessidades em sua comunidade desenvolveu *Comunidades Habitáveis: Um Guia de Avaliação*, no ano de 1999. Um relatório expandido foi publicado em 2005, denominado *50.05 Relatório à Nação sobre Comunidades Habitáveis: Criando Ambientes para o Envelhecimento Bem Sucedido* (KOCHERA; STRAIGHT; GUTERBOCK, 2005).

Após a publicação deste relatório, a associação elaborou uma estratégia para criar um corpo de voluntários para impulsionar melhorias que permitiriam que mais idosos "envelhecessem no lugar" sem serem forçados a se mudar e tivessem maior acesso ao transporte. Nesse contexto, a AARP propôs uma estratégia de três frentes para lidar com a habitabilidade comunitária: uma "estratégia de engajamento", uma "estratégia habitacional" e uma "estratégia de mobilidade" (FIDLER; OLSON; BEZOLD, 2011).

Para cada estratégia citada foram definidas metas, as quais foram avaliadas pelo *Institute for Alternative Futures* (IAF). As estratégias habitacionais incluem coabitação, moradia compartilhada, moradia intergeracional, comunidades seniores e moradia assistida. A mobilidade não é simplesmente definida em termos de opções convencionais de transporte, como dirigir, transporte público e caminhar. Os idosos podem necessitar de serviços suplementares ou paratransitários, como vans ou mini-ônibus, em rotas e horários flexíveis (FIDLER; OLSON; BEZOLD, 2011; KASHEF, 2016).

A avaliação realizada pelo IAF contou com a participação de uma equipe de especialistas que apontou recomendações à associação, após realizar uma revisão de tendências que impactam a habitabilidade da comunidade. A conclusão apresentada considerando os desafios ambientais, energéticos e governamentais aponta que esses fatores externos são significativos o suficiente para que a proposta de Estratégia de Comunidades Habitáveis da AARP pode não ser suficiente para efetivamente expandir a habitabilidade da comunidade (FIDLER; OLSON; BEZOLD, 2011).

Diante desta constatação Filder, Olson e Bezold (2011) mencionam que a equipe do IAF indicou que a AARP ampliasse sua estratégia para incluir atividades como a promoção de moradias ecológicas e energeticamente eficientes e novos padrões de desenvolvimento urbano.

Uma das estratégias da associação incluía um componente on-line. A medida foi apoiada pela equipe de avaliação, tendo em vista que os níveis de acesso à internet continuavam crescendo entre os grupos demográficos mais idosos e a comunicação on-line poderia se tornar uma ferramenta eficaz para disseminar informações e melhores práticas em toda a rede (FIDLER; OLSON; BEZOLD, 2011).

A ferramenta originou o índice de habitabilidade, no ano de 2015, a partir de contribuições de um comitê técnico consultivo externo, de especialistas em políticas, de funcionários da AARP e de uma pesquisa de preferência individual com mais de 4.500 pessoas com 50 anos ou mais. Na pesquisa identificaram-se os atributos essenciais da comunidade para sete categorias de habitabilidade e os indicadores e fontes de dados para medir esses atributos (AARP, 2015b).

O índice classifica todos os bairros e comunidades nos Estados Unidos quanto aos serviços e comodidades que mais afetam a vida das pessoas (AARP, 2018b). Inclui 60 indicadores distribuídos em sete categorias: Habitação, Bairro, Transporte, Meio Ambiente, Saúde, Engajamento e Oportunidade (Quadro 15).

Para cada categoria, o índice avalia as condições atuais usando um conjunto diversificado de indicadores métricos (40 métricas) e considera pontos de políticas e programas (20 políticas) que podem melhorar a habitabilidade da comunidade ao longo do tempo. O cálculo para a obtenção do índice total é baseado na média de todas as pontuações das sete categorias, que variam de 0 a 100 (AARP, 2015c).

Quadro 15: Sete categorias de habitabilidade e os atributos associados a cada um

Habitação	Bairro	Transporte	Meio ambiente	Saúde	Engajamento	Oportunidade
Acessibilidade à Habitação Opções de Habitação Habitação Acessível	Proximidade de destinos Bairros de uso misto Bairros compactos Segurança pessoal Qualidade da Vizinhança	Transporte Conveniente Custos de transporte Ruas Seguras Projeto de sistema acessível	Qualidade da água Qualidade do ar Resiliência Eficiência energética	Comportamentos Saudáveis Acesso aos cuidados de saúde Qualidade da Assistência à Saúde	Acesso à internet Engajamento Cívico Compromisso social Direitos iguais	Oportunidade igual Oportunidade econômica Oportunidade Educacional Comunidades Multi-geracionais Saúde Fiscal Local

Fonte: LYNOTT *et al.*, 2018, tradução nossa.

Na criação do índice são utilizadas mais de 50 fontes de dados. Os dados são coletados e analisados de fontes locais, estaduais, federais e privadas. Vinte e três dessas métricas avaliam a habitabilidade na escala de bairro, enquanto as outras usam fontes de dados em níveis de área metropolitana, cidade ou município. Outras vezes, os dados existentes exigem cálculos adicionais ou modelagem estatística para produzir a melhor medida de habitabilidade da comunidade. Em alguns casos, o índice combina várias fontes ou cria estimativas quando os dados não estão disponíveis (AARP, 2015c).

A pontuação do Índice de Habitabilidade classifica a taxa de vida geral do bairro, cidade ou município selecionado em uma escala de 0 a 100. A classificação das comunidades é efetuada a partir de comparações entre si, de modo que a comunidade média obtém uma pontuação de 50 em relação a todas as outras comunidades do país (AARP, 2015c).

De acordo com Lynott *et al.* (2018), a adoção de políticas é o caminho mais rápido para aumentar a pontuação de um local, pois o índice recompensa um ponto inteiro na pontuação da categoria para cada política dessa categoria em vigor.

O índice de habitabilidade está sendo usado por muitas comunidades amigas dos idosos para catalisar conversas na comunidade e ajudar os cidadãos e as autoridades locais a identificar os pontos fortes e fracos relativos de sua comunidade (LYNOTT *et al.*, 2018).

2.5.2 Visão geral das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

As ferramentas de avaliação de bairro avaliam o estado de um bairro no caminho da sustentabilidade e seu sucesso na consecução dos objetivos de sustentabilidade em termos de uma série de critérios (YILDIZ *et al.*, 2016). Diferentes ferramentas foram desenvolvidas em todo o mundo para este objetivo e alguns estudos já foram realizados para compará-las (AMEEN; MOURSHED; LI, 2015; HAPPIO, 2012; REITH; OROVA, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2013, 2014a.; TAM *et al.*, 2018; YILDIZ *et al.*, 2016).

Este tópico objetiva apresentar uma visão geral das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro apresentadas na seção anterior, pautado nas considerações dos estudos realizados. Inicia-se pelas características gerais expressas no Quadro 16. A seguir, o Quadro 17 demonstra como as ferramentas são estruturadas, suas categorias principais, pontuação e certificação.

As ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro se tornaram nos últimos anos um campo de pesquisa ativo (AMEEN; MOURSHED; LI, 2015), especialmente quando expandiram seu escopo de avaliação do edifício individual para uma escala de desenvolvimento urbano. O objetivo principal de cada sistema é semelhante em uma visão mais ampla e é criar um ambiente construído sustentável que minimize o impacto ecológico (TAM *et al.*, 2018).

As principais características das ferramentas de avaliação são apresentadas no Quadro 16, com o objetivo de destacar a organização de cada ferramenta e seu escopo de avaliação. Foram organizados em seis grandes categorias: desenvolvedor, país de origem, data, ano da atualização da última versão, temas pertinentes de avaliação e escala de implantação.

As ferramentas selecionadas foram desenvolvidas em intervalos próximos entre 2007 (CASBEE-UD) e 2015 (Livability Index), com um período mínimo de três anos para as primeiras atualizações (BREEAM Communities e Livability Index), exceto Acqua Bairros e Loteamentos e 2030 Districts que não atualizaram seus indicadores. De acordo com Ameen, Mourshed e Li (2015), isto confirma que o assunto da avaliação da sustentabilidade urbana é relativamente recente em nível global.

Das ferramentas selecionadas, os Estados Unidos lidera as proposições de sistemas de avaliação, geralmente desenvolvidas por uma organização independente de terceiros.

As ferramentas podem ser usadas para avaliar áreas de diferentes tamanhos com número de edifícios. A LEED-ND, no entanto, sugere dividir áreas em partes menores se forem muito grandes. Tanto as comunidades LEED-ND quanto BREEAM Communities exigem a avaliação de pelo menos um edifício na área certificada com outras ferramentas de suas famílias de ferramentas. Com a CASBEE-UD, a avaliação de um edifício não é obrigatória, mas é possível (HAPPIO, 2012).

A estrutura das ferramentas, categorização e critérios estão apresentadas no Quadro 17. Cada ferramenta de avaliação de sustentabilidade consiste em uma lista de critérios ou indicadores associados a aspectos de desenvolvimento urbano que precisam ser avaliados. Portanto, ocorrem variações no número de categorias entre as ferramentas; por exemplo, BREEAM Communities e LEED-ND contêm cinco categorias, sendo que a primeira conta uma sexta categoria de inovação que fornece reconhecimento adicional a um desenvolvimento que inova no desempenho além dos níveis já recompensados nas questões, enquanto Acqua Bairros e Loteamentos possuem 17 temas principais divididos em 33 subcategorias.

As classificações das ferramentas demonstradas no Quadro 17 indicam que nas comunidades BREEAM e CASBEE os critérios são iguais (HAPPIO, 2012). No LEED-ND os critérios são avaliados de forma diferente - alguns deles valem dez pontos, e outros apenas um ponto. Em Acqua Bairros e Loteamentos o empreendimento é avaliado pelo desempenho numa escala de três. A ferramenta 2030 Districts avalia em percentuais os índices de redução nas categorias. O Livability Index trabalha com uma escala de 0 a 100 para pontuar as categorias e as comunidades podem receber pontos adicionais em sua pontuação de categoria para cada política em vigor. As três últimas não possuem pré-requisitos para avaliar um empreendimento.

Os sistemas BREEAM Communities e LEED-ND apresentam critérios obrigatórios, aproximadamente 18-24% de todos os indicadores nesses sistemas são obrigatórios. De acordo com Reith e Orova (2015) essa medida pode representar uma restrição ao projeto de desenvolvimento, mas por outro lado, pode proporcionar o alcance de um nível mínimo de sustentabilidade, garantindo uma aplicação diversificada de soluções sustentáveis. CASBEE-UD, no entanto, não tem nenhum critério obrigatório (AMEEN; MOURSHED; LI, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2013).

No sistema de classificação, apenas os critérios alcançados são recompensados com pontos e os critérios não alcançados não são discutidos (HAPPIO, 2012). Os pontos de ponderação são designados dependendo dos bancos de dados internacionais e locais disponíveis e usando uma análise quantitativa multi-critérios (MCA) para alocar peso para cada indicador e, em seguida, obter uma pontuação final ponderada (AMEEN; MOURSHED; LI, 2015). Nas ferramentas LEED-ND e BREEAM Communities para determinar os pesos de cada categoria de indicadores é utilizado o processo de hierarquia analítica (AHP).

Quadro 17: Estrutura das ferramentas de avaliação

Ferramenta	Estrutura	Categorias principais	Pré-requisitos	Classificação
BREEAM Communities	6 categorias (5 + 1) 41 questões (40 + 1) 28 questões obrigatórias	Governança 9.3%; Bem-estar social e econômico 42.7%; Recursos e energia 21.6%; Uso do solo e ecologia 12.6%; Transporte e movimento 13.8%	Inclui vários créditos obrigatórios que visam principalmente a eficiência energética, evitando riscos de inundações, protegendo ativos naturais e criando uma comunidade diversa.	Excepcional ≥ 85 Excelente ≥ 70 Muito bom ≥ 55 Bom ≥ 45 Classificado ≥ 30 Não classificado < 30
CASBEE-UD	3 categorias 9 critérios intermediários 43 itens menores (18 itens pequenos e 25 itens menores)	Q _{UD1} Meio Ambiente; Q _{UD2} Sociedade; Q _{UD3} Economia; L _{UD1} emissão de CO2 no setor de tráfego; L _{UD2} emissão de CO2 no setor de construção; L _{UD3} absorção de CO2 no setor verde	Não há pré-requisitos	Excelente ≥ 3.00 Muito Bom $\geq 1.50 < 3.00$ Bom $\geq 1.00 < 1.50$ Ligeiramente Insatisfatório $\geq 0,5 < 1.00$ Insatisfatório < 0.5
LEED-ND	5 categorias 59 questões 12 questões obrigatórias	Localização inteligente e conexões: 28 pontos; Desenho de bairro: 41 pontos; Infraestrutura verde e edificações: 31 pontos; Inovação e processo de projeto: 6 pontos; Créditos prioritários regionais: 4 pontos	Inclui vários pré-requisitos que estão relacionados principalmente com a localização do empreendimento e visam reduzir o risco de perigo de inundações, melhorar a eficiência energética e melhorar a conservação natural.	Certificação ≥ 40 pontos Prata ≥ 50 pontos Ouro ≥ 60 pontos Platina ≥ 80 pontos

continuação

Ferramenta	Estrutura	Categorias principais	Pré-requisitos	Classificação
Aqua Bairros e Loteamentos	17 temas 33 subcategorias 71 indicadores	Território e contexto local, densidade, mobilidade e acessibilidade, patrimônio, paisagem e identidade, água, adaptabilidade e potencial evolutivo, energia e clima, resíduos, materiais e equipamentos urbanos, saúde, ecossistema e biodiversidade, riscos naturais e tecnológicos, economia do projeto, funções e pluralidade, ambientes e espaços públicos, inserção e formação, atratividade, dinâmicas econômicas e estruturas de formação locais.	Não há pré-requisitos	Bom 8/17 Superior 5/17 Excelente 4/17
2030 Districts	3 categorias	Energia, água, emissões de CO2	Não há pré-requisitos	Redução de 50% nas categorias até 2030.
Livability Index	7 categorias 28 atributos 60 indicadores	Bairro, habitação, meio ambiente, transporte, saúde, envolvimento, oportunidade.	Não há pré-requisitos	Escala de 0 a 100

Fonte: ARCHITECTURE 2030 (2016); BRE (2013); 2030 DISTRICTS (2015, 2016); FCAV (2011); IBEC (2014); USGBC (2014, 2019).

2.5.3 Comparação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

Os sistemas baseados na sustentabilidade apresentam complexidades de análises, por este motivo a comparação é conduzida em dois níveis: (1) cobertura de sustentabilidade ou comparação baseada em tema; e (2) comparação baseada em indicadores.

Segundo Tam *et al.* (2018, p. 692) o primeiro tipo de comparação está voltado para o entendimento do “conceito de cidades sustentáveis e suas especificações e para comparar os sistemas com base nas abordagens de desenvolvimento sustentável”. Já a comparação baseada em indicadores “investiga as diferenças nos métodos de medição dos sistemas e os possíveis assuntos dos indicadores” (REITH; OROVA, 2015, p. 663).

Os quadros de cada sistema tendem a ser organizados de diferentes formas. A estrutura principal de todos os sistemas é semelhante e composta por três níveis: temas, índices e indicadores. O tema em cada sistema mostra os principais tópicos sobre os quais o sistema está preocupado, enquanto o grupo de índice integra a estratégia ou solução escolhida para lidar com cada tópico e o indicador se relaciona com especificações detalhadas de cada estratégia (TAM *et al.*, 2018).

A cobertura da sustentabilidade é muitas vezes comparada com um conjunto de temas: Happio (2012), Sharifi e Murayama (2013), Berardi (2013) desenvolveram sete categorias, Reith e Orova (2015) usaram nove categorias principais para sua comparação, Yildiz *et al.* (2016) identificaram seis categorias.

Na divisão de Happio (2012) em: Infraestrutura, localização, transporte, ecologia, recursos e energia, negócio, economia e emprego e, bem-estar. O autor considerou os critérios que se sobrepõem às categorias, classificados para uma única categoria, por exemplo, o uso de pedestres e ciclovias foi considerado no transporte. Devido ao efeito positivo sobre a saúde, também poderia ser considerado no bem-estar.

Na estrutura proposta por Happio (2012) a categoria mais significativa no CASBEE-UD é a infraestrutura. Recursos e Energia e Ecologia também são avaliados. Nas comunidades BREEAM, as categorias Infraestrutura e Transporte são mais enfatizadas. No LEED-ND, a infraestrutura é a categoria mais significativa. A ecologia também é enfatizada. Considerando as três ferramentas, a infraestrutura é a categoria mais significativa (35%). Ecologia (20%), Recursos e Energia (16%) e Transporte (14%) são

importantes. Reith e Orova (2015), também, concluíram que as categorias com as maiores proporções foram as que constituem o grupo Edifícios e Ecologia e Infraestrutura.

A investigação de Tam *et al.* (2018) conclui numa primeira análise que a comunidade, os recursos e a ecologia são os três principais aspectos de sustentabilidade das ferramentas analisadas, em consonância com os resultados de Happio (2012) e de Reith e Orova (2015). Mas, após incluir as ponderações nas análises, os autores sinalizam para uma redução da taxa de importância para a comunidade (TAM *et al.*, 2018).

Na matriz proposta por Sharifi e Murayama (2013) foi concluído que apenas 6% dos critérios da CASBEE-UD abordam critérios de bem-estar social e comunitário. A CASBEE-UD não tem critérios para habitação a preços acessíveis e comunidades inclusivas. A inclusão também é uma lacuna no LEED-ND. Os critérios relacionados às empresas, finanças e economia não receberam atenção suficiente entre as ferramentas selecionadas. CASBEE-UD não inclui esse tema. A localização é uma prioridade elevada no LEED-ND, o que pode ser explicado pelo fato de que, em comparação com outros países, a expansão é uma preocupação nos Estados Unidos. Na inovação, LEED-ND e BREEAM Communities pontuam ideias inovadoras. O LEED-ND também possui dois créditos para projetos que empregam um profissional credenciado certificado como membro do projeto.

Corroborando com os achados de Happio (2012) e Sharifi e Murayama (2013), Yildiz *et al.* (2016) concluíram que o transporte obteve maior peso no LEED-ND em virtude da dependência do transporte veicular nos Estados Unidos e sua posição como consumidor significativo de recursos naturais. E o CASBEE-UD se destaca no desenvolvimento social. Da mesma forma, quando se considera que a sensibilidade à proteção do meio ambiente é maior na Europa, pode-se afirmar que o meio ambiente, uso do solo, recursos e uso de energia se destacam naturalmente em BREEAM Communities.

Uma questão observada por Reith e Orova (2015) é que a saúde urbana não apresentam indicadores diretos nas ferramentas e em sua análise esta é considerada na categoria comunitária. A categoria saúde, nas análises de Wang *et al.* (2016), se relaciona com a segurança do tráfego para ciclistas e pedestres em BREEAM Communities. E é considerada indiretamente em outras categorias, tais como Acessibilidade (acesso a áreas de lazer) e Transporte (promoção de ciclismo e caminhada), ambos também reconhecidos no LEED-ND.

Sharifi e Murayama (2013) comentam que nenhuma das ferramentas exige o cumprimento de critérios econômicos, e a única ferramenta que exige o fornecimento de habitação a preços acessíveis e comunidades inclusivas é a BREEAM Communities.

Ao se analisar as três dimensões da sustentabilidade em cada sistema, separadamente, os indicadores visam principalmente o meio ambiente, seguindo as condições sociais e, finalmente, as questões econômicas (REITH; OROVA, 2015). Segundo Sharifi e Murayama (2013) a sustentabilidade institucional não é abordada nas ferramentas.

Para alcançar a sustentabilidade, todas as dimensões devem ser abordadas simultaneamente. Entretanto as ferramentas atuais podem indicar sustentabilidade para o processo de desenvolvimento de um bairro sem abordar adequadamente todas as dimensões, tendo em vista que nos sistemas de avaliação apenas entre 1% a 16% dos indicadores são sustentáveis (REITH; OROVA, 2015).

Nesse sentido, Wangel *et al.* (2016, p. 207) concluem que os sistemas de certificação estão realmente avaliando o processo de desenvolvimento e a existência (ou falta) de características específicas - não o desempenho real da área em relação à sustentabilidade, em virtude de que os indicadores que avaliam o desempenho real compõem a menor parcela dos créditos.

2.6 Métodos e Técnicas utilizados para identificação de indicadores de sustentabilidade de bairro

Existem muitas ferramentas quantitativas para identificar indicadores. Estas incluem análise de conteúdo, métodos estatísticos, como análise de cluster, análise de correspondências retificadas, análise de correspondência canônica e análise de componentes principais. Esses métodos determinam quais indicadores são responsáveis pela maioria das alterações observadas e quais, portanto, provavelmente serão os mais úteis para demonstrar as mudanças futuras (REED; FRASER; DOUGILL, 2006).

Os métodos utilizados para identificar os indicadores de sustentabilidade de bairro deste trabalho estão descritos a seguir. O objetivo da análise de conteúdo se concentrou em identificar, dentre os documentos normativos internacionais e nacionais que visam às comunidades se tornarem ocupações urbanas sustentáveis, os indicadores relevantes para aferição de sustentabilidade em nível de bairro. A análise de componentes principais foi

utilizada para reduzir o conjunto de variáveis relevantes e identificar um conjunto de indicadores potenciais.

2.6.1.1 **Análise de Conteúdo**

Para a obtenção da base conceitual da matriz de avaliação proposta neste estudo foi utilizada a análise de conteúdo conceituada por Bardin (2011, p. 15) como um conjunto de instrumentos de cunho metodológico em constante aperfeiçoamento, que se aplicam a discursos (conteúdos e continentes) extremamente diversificados.

A análise de conteúdo se divide em três fases: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados. O tratamento dos resultados compreende a codificação e a inferência. Na fase inicial, denominada pré-análise, se procede à escolha dos documentos, a formulação das hipóteses e dos objetivos, e a elaboração de indicadores que fundamentam a interpretação final (BARDIN, 2011).

O primeiro contato com os documentos Bardin (2011) denomina de “leitura flutuante”, após essa etapa a autora recomenda a escolha de um índice organizado em indicadores. Na fase de exploração do material os dados passam pelo processo de codificação, no qual se escolhe uma unidade de registro (tema, palavra ou frase). A autora apresenta os critérios para categorização, ou seja, escolha de categorias (classificação e agregação). As categorias reúnem um grupo de elementos sob um título genérico, em razão de similaridades entre os elementos.

No processo de escolha de categorias adotam-se os critérios semântico (temas), sintático (verbos, adjetivos e pronomes), léxico (sentido e significado das palavras – antônimo ou sinônimo) e expressivo (variações na linguagem e na escrita). Este processo permite a junção de um número significativo de informações organizadas em duas etapas: inventário (onde se isolam os elementos comuns) e classificação (onde se dividem os elementos e se impõe organização) (BARDIN, 2011). Na última fase de interpretação dos resultados, a autora sugere que o pesquisador retorne ao referencial teórico para embasar as análises dando sentido à interpretação.

2.6.1.2 **Análise Fatorial: Análise de componentes principais**

A análise fatorial é uma técnica de interdependência, com objetivo principal de “definir a estrutura inerente entre as variáveis na análise” (HAIR *et al.*, 2009, p. 102). Essa técnica fornece as ferramentas para analisar a estrutura de inter-relações (correlações) em um grande número de variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes comuns (fatores) (HAIR *et al.*, 2009, p. 33, 103).

O planejamento da análise fatorial e a construção do modelo multivariado são apresentados no fluxograma da

Estágio 1: O primeiro passo é a formulação do problema com a identificação dos objetivos da análise fatorial. Nesse estágio, Hair *et al.* (2009) mencionam outras quatro questões: a) especificar a unidade de análise: variáveis ou respondentes; b) obter resumo dos dados (a análise obtém dimensões inerentes que, quando interpretadas e compreendidas, descrevem os dados em um número muito menor de conceitos) e/ou redução dos dados (estende o processo derivando um valor empírico (score fatorial) para cada dimensão (fator) e substitui o valor original pelo novo valor; c) selecionar as variáveis; d) uso de resultados da análise com outras técnicas multivariadas.

Estágio 2: O segundo estágio envolve o cálculo dos dados de entrada (matriz de correlação), que atenda os objetivos especificados de agrupamento de variáveis ou respondentes. O delineamento do número e tipos de variáveis (preferência utilizar variáveis métricas) e o tamanho da amostra. Para proceder o cálculo dos dados de entrada para análise deve-se ter definido inicialmente se o objetivo é obter a relação das correlações entre as variáveis, ou as correlações dos respondentes individuais. No primeiro caso, se utiliza a análise fatorial do tipo R, no segundo do tipo Q.

Com relação ao tamanho da amostra Hair *et al.* (2009) e Malhotra (2019) orientam que o número de observações deve ser pelo menos quatro a cinco vezes mais do que o número de variáveis a serem analisadas.

Estágio 3: Neste estágio se observam as questões conceituais que se referem ao conjunto de variáveis selecionadas e à amostra escolhida e questões estatísticas. A respeito das questões conceituais Hair *et al.* (2009, p. 109) apresentam um exemplo, misturar variáveis dependentes e independentes em uma análise fatorial e utilizar os fatores obtidos para apoiar relações de dependência é inadequado.

Figura 12 em seis estágios, acrescido de um estágio adicional (estágio 7) (HAIR *et al.*, 2009). As descrições referentes a cada estágio se encontram a seguir.

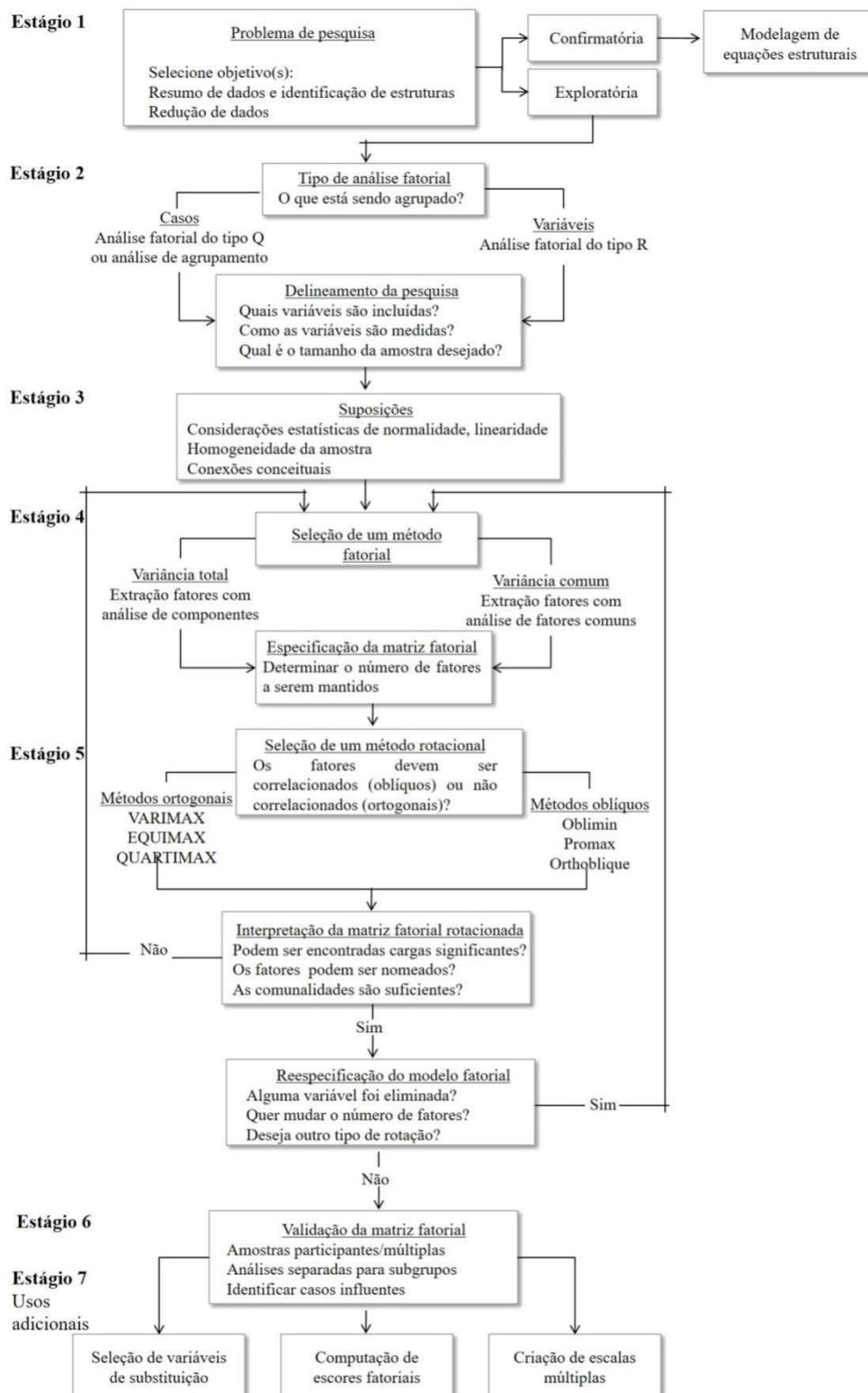
Estágio 1: O primeiro passo é a formulação do problema com a identificação dos objetivos da análise fatorial. Nesse estágio, Hair *et al.* (2009) mencionam outras quatro questões: a) especificar a unidade de análise: variáveis ou respondentes; b) obter resumo dos dados (a análise obtém dimensões inerentes que, quando interpretadas e compreendidas, descrevem os dados em um número muito menor de conceitos) e/ou redução dos dados (estende o processo derivando um valor empírico (score fatorial) para cada dimensão (fator) e substitui o valor original pelo novo valor; c) selecionar as variáveis; d) uso de resultados da análise com outras técnicas multivariadas.

Estágio 2: O segundo estágio envolve o cálculo dos dados de entrada (matriz de correlação), que atenda os objetivos especificados de agrupamento de variáveis ou respondentes. O delineamento do número e tipos de variáveis (preferência utilizar variáveis métricas) e o tamanho da amostra. Para proceder o cálculo dos dados de entrada para análise deve-se ter definido inicialmente se o objetivo é obter a relação das correlações entre as variáveis, ou as correlações dos respondentes individuais. No primeiro caso, se utiliza a análise fatorial do tipo R, no segundo do tipo Q.

Com relação ao tamanho da amostra Hair *et al.* (2009) e Malhotra (2019) orientam que o número de observações deve ser pelo menos quatro a cinco vezes mais do que o número de variáveis a serem analisadas.

Estágio 3: Neste estágio se observam as questões conceituais que se referem ao conjunto de variáveis selecionadas e à amostra escolhida e questões estatísticas. A respeito das questões conceituais Hair *et al.* (2009, p. 109) apresentam um exemplo, misturar variáveis dependentes e independentes em uma análise fatorial e utilizar os fatores obtidos para apoiar relações de dependência é inadequado.

Figura 12: Fluxograma da análise fatorial



Fonte: Adaptado de HAIR *et al.*, 2009.

As questões estatísticas, mencionadas no terceiro estágio, verificam se a análise fatorial é adequada. Dessa forma, se analisam as correlações das variáveis, a partir da

matriz de correlação. Algumas medidas gerais de intercorrelação podem ser utilizadas: aplicação do teste de esfericidade de Bartlett (sign. < 0,05) fornece a significância estatística de que a matriz de correlação tem correlações significantes entre pelo menos algumas variáveis. O teste de Bartlett testa a hipótese nula de que as variáveis não são correlacionadas (MALHOTRA, 2019).

Outra medida é a adequação da estatística de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), nesse caso é indicado um valor superior a 0,50 como desejável (MALHOTRA, 2019). Field (2009) menciona que os valores entre 0,50 e 0,70 são medíocres, valores entre 0,70 e 0,80 são bons, valores entre 0,80 a 0,90 são ótimos e valores acima de 0,90 são excelentes. A estatística KMO fornece a proporção de variância considerada comum a todas as variáveis na amostra em análise. Essa estatística varia de 0 a 1, onde valores mais próximos a 1 indicam que as variáveis compartilham um percentual de variância bastante elevado, enquanto valores mais próximos a 0 podem indicar que a análise fatorial será inadequada (FÁVERO; BELFIORE, 2017).

Uma terceira medida pode ser verificada, similar ao índice de KMO, a medida de adequação da amostra (*Measure of Sampling Adequacy* – MSA) também, varia de 0 a 1, podendo ser interpretada com as seguintes orientações: $\geq 0,80$, admirável; $\geq 0,70$ e $< 0,80$, mediano; $\geq 0,60$ e $< 0,70$, medíocre; $\geq 0,50$ e $< 0,60$, ruim; $< 0,50$, inaceitável. Essas orientações podem ser estendidas para as variáveis individuais, nesse caso, variáveis com valores inferiores a 0,50 devem ser omitidas da análise fatorial uma por vez, sendo eliminada aquela com menor valor a cada vez. Esse processo é repetido até que todas as variáveis tenham um valor aceitável, então o MSA geral é calculado (HAIR *et al.*, 2009, p. 110).

Estágio 4: Seleção do método de extração de fatores e a determinação do número de fatores a serem mantidos. Após a realização dos testes mencionados no estágio 3, verificada que a análise fatorial é adequada para a análise dos dados, se determina o método de extração de fatores: análise dos componentes principais (*Principal Component Analysis* - PCA) ou análise de fator comum. O primeiro determina o número mínimo de fatores que respondem pela máxima variância nos dados e o segundo leva em conta apenas a variância comum dos dados (MALHOTRA, 2019, p. 514). O PCA é mais indicado quando se pretende reduzir um conjunto de dados complexos para um de menor dimensionalidade (JEONG *et al.*, 2009).

O passo seguinte é a determinação do número de fatores, os quais Malhotra (2019) e Hair *et al.* (2009) indicam alguns critérios: a) critério a priori – o pesquisador define o número de fatores pela experiência; b) critério da raiz latente (critério de Kaiser) – são retidos apenas os fatores com autovalores superiores a 1,0 (FÁVERO; BELFIORE, 2017); c) critério do teste *scree* – a forma da curva resultante do gráfico é usada para avaliar o ponto de corte, ou seja, quando o ponto no qual começa o declive denota o verdadeiro número de fatores; d) critério da percentagem de variância – recomendação que os fatores extraídos respondam por, no mínimo, 60% da variância total; e) confiabilidade meio a meio – com a amostra dividida ao meio, se realiza a análise em cada metade, os fatores retidos são os com elevada correspondência de cargas fatoriais ao longo das duas subamostras; f) teste de significância – determinação da significância dos autovalores separados, são retidos os estatisticamente significativos.

Estágio 5: O quinto estágio se refere à interpretação dos fatores. Três processos estão inseridos neste estágio: a) estimativa da matriz fatorial – análise das cargas fatoriais de cada variável sobre cada fator na matriz de correlação não-rotacionada; b) rotação de fatores - um método de rotação é empregado para simplificar a estrutura fatorial; c) interpretação e reespecificação de fatores – avaliação das cargas fatoriais (rotacionadas) para cada variável com o intuito de verificar sua contribuição na determinação da estrutura. Se for necessária a reespecificação é realizado o retorno ao estágio da extração (estágio 4).

A análise das cargas fatoriais é realizada a partir da significância prática e estatísticas. Hair *et al.* (2009, p. 119) apresentam alguns critérios para realizar a avaliação prática das cargas como segue:

- Cargas fatoriais na faixa de $\pm 0,30$ a $\pm 0,40$ são consideradas atendendo o nível mínimo para interpretação da estrutura;
- Cargas de $\pm 0,50$ ou maiores praticamente significantes;
- Cargas excedendo $\pm 0,70$ são consideradas indicativas de estrutura bem definida.

Há uma relação entre o tamanho da amostra e as cargas fatoriais aceitáveis. De acordo com Hair *et al.* (2009, p. 120), para um tamanho de amostra de 100 cargas fatoriais são significativas no nível 0,05 quando são maiores que 0,55, para uma amostra de 200 elas são significativas quando são maiores que 0,40 e para uma amostra de 350 são significativas quando são maiores que 0,30.

A rotação fatorial é uma ferramenta importante na interpretação dos fatores, pois o efeito final da rotação é a redistribuição das cargas fatoriais para fatores que inicialmente apresentavam menores percentuais de variância compartilhada por todas as variáveis originais (FÁVERO; BELFIORE, 2017). A rotação pode ser ortogonal, na qual os eixos são mantidos a 90 graus, escolhida quando o objetivo da pesquisa é redução de dados ou um conjunto de medidas não-correlacionadas para uso posterior em outras técnicas multivariadas. Nesse caso, os métodos são Quartimax, Equimax e Varimax, sendo este último o mais utilizado. Ou a rotação pode ser oblíqua, quando não há restrição de ser ortogonal, selecionada quando o objetivo é se obter diversos fatores ou construtos teoricamente relevantes, os métodos oblíquos são: Oblimin, Promax, Orthoblique (HAIR *et al.*, 2009).

A interpretação de uma matriz fatorial de acordo com Hair *et al.* (2009), segue cinco etapas, delineadas a seguir.

Etapa 1: Examinar a matriz fatorial de cargas. As cargas fatoriais de cada variável em cada fator são verificadas.

Etapa 2: Identificar a(s) carga(s) significante(s) para cada variável. A interpretação inicia com a primeira variável no primeiro fator e se identifica a carga mais alta que esta variável apresenta em qualquer fator, se movendo horizontalmente da esquerda para a direita. Quando uma variável demonstra ter mais de uma carga significativa, é chamada de carga cruzada, apresentando potencial de eliminação da análise.

Etapa 3: Avaliar as comunalidades das variáveis. A comunalidade representa a quantia de variância explicada pela solução fatorial para cada variável. Uma indicação geral que variáveis com comunalidades maiores que 0,50 são mantidas na análise.

Etapa 4: Reespecificar o modelo fatorial se necessário. No processo da avaliação poderá surgir a necessidade de reespecificar o modelo devido à eliminação de uma ou mais variáveis, mudança no método rotacional ou no método de extração, extração de um número diferente de fatores.

Etapa 5: Rotular os fatores. Quando a solução fatorial é aceitável, onde todas as variáveis apresentam uma carga significativa em um fator, se realiza uma designação de significado ou rótulo para o fator que reflita o conjunto de variáveis naquele fator.

Estágio 6: Validação da análise fatorial. Esse estágio envolve a avaliação do grau de generalidade dos resultados para a população e da influência potencial de casos ou respondentes individuais sobre os resultados gerais. A validação dos resultados pode ser a

partir de uma perspectiva confirmatória e avaliar a repetitividade dos resultados, seja com uma amostra particionada no conjunto de dados originais, seja com uma amostra separada (HAIR *et al.*, 2009, p. 123). Ou pode ser pela análise da confiabilidade, onde um conjunto de itens ou itens individuais devem produzir resultados consistentes em todo o questionário. Para verificação se utiliza o alpha de Cronbach, cujos valores de 0,70 - 0,80 indicam uma escala aceitável (FIELD, 2009).

Estágio 7: Usos adicionais dos resultados da análise fatorial. O sétimo estágio apresenta três métodos para redução de dados, cujas vantagens e desvantagens são descritas no Quadro 18.

Quadro 18: Métodos adicionais para redução de dados na análise fatorial

Método	Vantagens	Desvantagens
Variável substituta	Simple de administrar e interpretar.	Não representa todas as características de um fator; Suscetível a erro de medida.
Escores fatoriais	Representam todas as variáveis com cargas naquele fator; Melhor método para completa redução de dados; São naturalmente ortogonais e podem evitar complicações provocadas por multicolinearidade.	Interpretação mais difícil, pois todas as variáveis contribuem com as cargas; Difícil de repetir em estudos.
Escalas múltiplas	Conciliação entre a variável substituta e opções de escore fatorial; Reduzem erro de medida; Representam múltiplas características de um conceito; Facilmente replicáveis em estudos.	Incluem apenas as variáveis com cargas elevadas sobre o fator e excluem aquelas com impacto pequeno ou periférico; Não há necessariamente ortogonalidade; Exigem análise extensiva de questões de confiabilidade e validade.

Fonte: Adaptado de HAIR *et al.*, 2009.

2.7 Síntese do Capítulo

O Capítulo 2 procurou abordar os temas pertinentes ao aporte teórico e metodológico para o desenvolvimento deste trabalho. A sustentabilidade permeia a discussão em nível mundial sobre as preocupações com a degradação ambiental e o futuro da manutenção do planeta, relacionado com a forma de ocupação do espaço urbano praticado pelas nações. Inúmeras iniciativas vêm sendo praticadas em diversos países com o intuito de contribuir com o desenvolvimento sustentável e formas de como medir a sustentabilidade. Nesse sentido, muitos documentos foram publicados por órgãos internacionais (PNUD, UNEP, UNITED NATION, UN-HABITAT) com diretrizes e

orientações, além de recomendar a construção de indicadores para auxiliar a proposição de políticas e a tomada de decisão rumo a sustentabilidade.

Analisando inúmeros conjuntos de indicadores foi possível identificar limites e possibilidades de sua aplicação. Inicialmente, definir o escopo da avaliação, escala, objetivos, procedimento de seleção, abordagem metodológica que será implementada, levando em conta as limitações das fontes de informações, da disponibilidade dos dados e se realmente o instrumento está atrelado à realidade do local a ser avaliado.

Com o entendimento de que uma cidade é considerada sustentável somente se seus componentes, principalmente bairros e ambiente de construção, atenderem aos critérios de sustentabilidade (CHOGUILL, 2008). A escala de bairro se torna importante como universo de pesquisa para proposições de avaliação da sustentabilidade.

No Brasil, apesar dos estudos realizados sobre o assunto (GONÇALVES; KUNEN, 2016; MEZZOMO *et al.*, 2018; NUNES *et al.*, 2016; SCUSSEL, 2007), ainda é necessário avançar no entendimento relacionado à opinião de especialistas e comunidade na seleção de indicadores de sustentabilidade urbana e, encorajar a discussão sobre a participação no desenvolvimento e aplicação de estruturas de avaliação de sustentabilidade em países em desenvolvimento.

Diante do estado incipiente de conjuntos de indicadores aplicados para bairros, a presente pesquisa espera que os resultados gerados a partir de uma estrutura forneçam evidências para os formuladores de políticas, profissionais de planejamento, associações comunitárias, bem como promovam uma consciência do nível de sustentabilidade à comunidade e os esforços coletivos necessários para o desenvolvimento de bairros sustentáveis.

O mecanismo de avaliação da sustentabilidade adotado segue uma abordagem que envolve o uso de indicadores para medir a sustentabilidade (POPE; ANNANDALE; MORRISON-SAUDERS, 2004; BELL; MORSE, 2003; MACLAREN, 1996; METER, 1999; POPE; REED; FRASER; DOUGILL, 2006), com a participação de especialistas e cidadãos (FRASER *et al.*, 2006; HAPPIO, 2012; REED; FRASER; DOUGILL, 2006). O conjunto relevante de indicadores extraídos a partir de sucessivas análises de componentes principais (FIELD, 2009; HAIR *et al.*, 2009; MALHOTRA, 2019).

3 MÉTODO DO TRABALHO

O Capítulo três encontra-se estruturado em dois tópicos, o primeiro aborda a classificação da pesquisa e o segundo contempla a descrição do procedimento metodológico delineado para o desenvolvimento da pesquisa.

3.1 Classificação da pesquisa

A classificação da pesquisa seguiu Silva e Menezes (2005). Dessa maneira, a pesquisa relacionada à classificação da natureza se caracteriza como aplicada, no momento em que avalia a sustentabilidade de bairros existentes.

A pesquisa quanto à abordagem do problema pode ser classificada como método misto, combinando procedimentos qualitativos e quantitativos (CRESWELL; PLANO CLARK, 2007, 2014; GIL, 2018). A abordagem qualitativa se refere a análise das características das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro e identificação do conjunto de indicadores potenciais, utilizando análise de conteúdo. Na abordagem quantitativa se inserem análise dos resultados dos questionários, seleção dos indicadores relevantes, utilizando técnicas estatísticas e na medição dos indicadores na aplicação da estrutura proposta. Tais interpretações sobre os aspectos de sustentabilidade são entendidos como suporte teórico e técnico, com a finalidade de desenvolver uma estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro existente, onde o pesquisador “procura coletar, integrar e apresentar dados de diversas fontes de evidência” (YIN, 2015, p. 24), concentrando os estudos em ambiente contemporâneo (GROAT; WANG, 2002).

Creswell (2014, p. 53) menciona que a pesquisa qualitativa pode ser utilizada para “desenvolver teorias quando existem teorias parciais ou inadequadas para certa população e amostras ou teorias existentes que não captam adequadamente a complexidade do problema que estamos examinando”. Minayo e Sanches (1993) apresentam a pesquisa qualitativa como um aprofundamento da complexidade de fenômenos específicos de um ou mais grupos delimitados em extensão, ideia complementada pelas autoras Marconi e Lakatos (2017, p. 298) para as quais a pesquisa visa a “análise mais detalhada sobre as investigações, hábitos, atitudes e tendências de comportamento”.

A pesquisa quantitativa se caracteriza pela utilização de números e medidas estatísticas, que possibilitam descrever populações e fenômenos em números para classificá-las e analisá-las, além de verificar a existência de relação entre as variáveis (GIL, 2019; SILVA; MENEZES, 2005).

Do ponto de vista dos seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada, inicialmente como exploratória, pois tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, a fim de torná-lo mais explícito (GIL, 2016). Posteriormente, configura-se como uma pesquisa propositiva, tendo em vista que no âmbito brasileiro, há pouco conhecimento acumulado e sistematizado sobre avaliação de sustentabilidade, na escala de bairro. A pesquisa propositiva tem como objetivo a proposição de soluções, fornecendo uma resposta direta ao problema apresentado, tanto arquitetônico quanto urbanístico, ou prescreve um modelo teórico ideal para delimitar conceitos, que culminarão em respostas diretas (BONAT, 2009, p. 12; SERRA, 2006). A proposição se insere ao identificar indicadores potenciais que determinam ou que contribuem para a sustentabilidade de bairro, avaliar e propor alternativas de solução para os problemas diagnosticados.

A pesquisa utiliza como estratégia de validação do instrumento proposto o estudo de caso, o qual “investiga um fenômeno contemporâneo analisado em profundidade e em seu contexto de mundo real” (YIN, 2015, p. 17). O mesmo é exposto por Creswell (2014, p. 86) na sua definição de estudo de caso como “uma abordagem qualitativa na qual o investigador explora um sistema delimitado contemporâneo da vida real (um caso) ou múltiplos sistemas delimitados (casos) ao longo do tempo, por meio de coleta de dados detalhada em profundidade envolvendo múltiplas fontes de informação”. Da mesma maneira, Serra (2006, p. 82) conceitua estudo de caso como um método que “pretende esgotar o conhecimento sobre um certo exemplar, escolhido por critérios que são explicitados”. Nesta pesquisa a unidade-caso foi o estudo de caso múltiplo, onde se estuda conjuntamente mais de um caso para investigar determinado fenômeno (GIL, 2016).

3.2 Procedimento metodológico

Para o desenvolvimento da pesquisa os procedimentos foram divididos em três etapas com o intuito de responder aos objetivos estabelecidos, apresentados de maneira sintetizada no fluxograma da Figura 13.

Figura 13: Fluxograma do procedimento metodológico



Fonte: Autora, 2019.

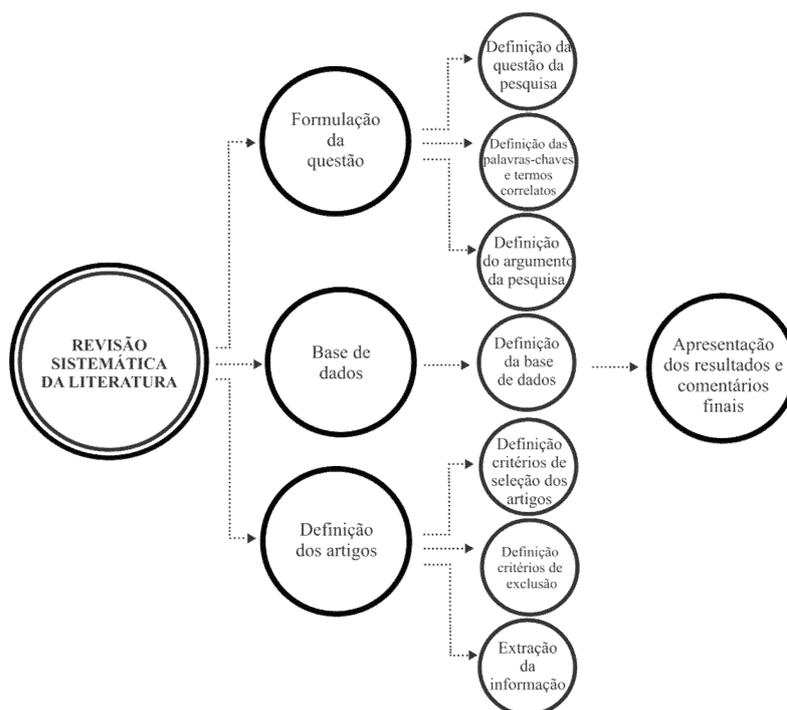
3.2.1 Etapa 1: Identificação de indicadores potenciais para avaliação de sustentabilidade de bairro

3.2.1.1 Fase 1.1: Seleção das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

Para a identificação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro foi realizada uma revisão sistemática da literatura, a qual seguiu o protocolo sugerido por Biolchini *et al.* (2005), apresentados na Figura 14.

O método de revisão sistemática da literatura consiste no resumo da literatura de pesquisa relacionada a uma única pergunta. Envolve a identificação, seleção, avaliação e sintetização de todas as evidências de pesquisa de alta qualidade relevantes para essa questão (BETTANY-SALTIKOV, 2010).

Figura 14: Descrição geral do protocolo de revisão sistemática da literatura



Fonte: Adaptado de Biolchini *et al.*, 2005.

A) Formulação da questão

Na revisão sistemática a formulação da questão engloba a determinação da questão que será norteadora para as próximas definições: palavras-chaves, termos correlatos e argumentos da pesquisa.

A recomendação de Biolchini *et al.* (2005) menciona que a questão deve ser clara e alinhada com o objetivo da revisão. A revisão sistemática foi guiada pela questão principal: *Quais são as ferramentas de avaliação de sustentabilidade utilizadas para avaliar a sustentabilidade de bairro?* Diante desta questão surgem outros questionamentos complementares: Como é o procedimento metodológico dessas ferramentas? e, Quais são as categorias e os temas avaliados nessas ferramentas?

Com o propósito de responder às questões formuladas foram definidos os seguintes termos de interesse: *neighbourhood sustainability assessment, neighbourhood sustainability and urban development, neighbourhood sustainability assessment tools*, separados em três buscas. O argumento da pesquisa, com base nos termos *or, and* e *not*, a utilização do argumento *and*.

O período da coleta dos dados compreendeu o intervalo do ano de 1990 ao ano de 2017. O período foi delimitado em função do início das discussões acerca do termo sustentabilidade datado da década de 1990, e também para evitar a exclusão de estudos com contribuições teóricas importantes.

B) Base de dados

O segundo passo do protocolo visou definir a base de dados científica. A base de dados selecionada: a) possuía artigos completos disponíveis na web, b) possuía mecanismos de pesquisa por palavra-chave, período de publicação e área de conhecimento, c) possuía avaliação por pares e no idioma inglês.

Dentre as bases para a busca de referências foi selecionada a *Web of Science*, em virtude de atender às definições pré-estabelecidas. O acesso ocorreu pelo Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

C) Definição dos artigos

Para a definição dos artigos foi necessário definir os critérios de seleção, de exclusão e o modo de extração das informações. Para serem selecionados os artigos deviam estar: a) publicados em periódico científico na área da arquitetura e/ou engenharia, b) publicados em evento científico da área da arquitetura e/ou engenharia, c) publicados entre 1990 a 2017, d) escritos em língua inglesa, e) disponível na web.

Os critérios de exclusão definidos foram: a) artigos que não possuíam a apresentação das ferramentas de avaliação de bairro e indicadores, b) artigos que não abordassem comparação das ferramentas ou aplicação em estudos de caso, c) artigos repetidos.

Os artigos primeiramente foram avaliados pelo título, após pela leitura do resumo, e os selecionados lidos na íntegra. A sistematização dos artigos foi realizada com abordagens quantitativa e qualitativa, no momento em que procurou quantificar e qualificar a produção científica sobre as ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro.

D) Apresentação dos resultados e comentários finais

Com o intuito de encontrar as contribuições da literatura para o tema, os resultados foram compilados no item 2.5.1 Apresentação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro com informações referente a sua origem, características, estrutura, modo de aferição, sistema de ponderação, escala de desempenho e pontuação. No item 2.5.2 Visão geral das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro uma síntese em formato formulário, integrantes do Capítulo 2.

Após a realização dos passos anteriores foi elaborada uma comparação das ferramentas contendo as principais conclusões da bibliografia analisada, apresentadas no item 2.5.3 Comparação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro, no Capítulo 2.

3.2.1.2 Fase 1.2: Comparação dos indicadores das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

A fase da comparação dos indicadores das ferramentas se subdivide em três etapas: a) Categorização das ferramentas, b) Re-categorização para inclusão e comparação dos indicadores e; c) Análise comparativa dos indicadores das ferramentas, descritas a seguir.

3.2.1.2.1 Categorização das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

Como cada ferramenta de avaliação utiliza um sistema de classificação diferente e nomenclatura distinta se fez necessário estabelecer um quadro para a comparação dos seus indicadores. Para tanto, as categorias propostas em estudos publicados foram revisados

(AMEEN; MOURSHED; LI, 2015; BERARDI, 2013; BRAULIO-GONZALO; BOVEA; RUÁ, 2015; HAPPIO, 2012; KOMEILY; SRINIVASAN, 2015; REITH; OROVA, 2015, SHARIFI; MURAYAMA, 2013; YILDIZ *et al.*, 2016) e dispostas nos domínios de sustentabilidade adotados (ambiental, econômica, social e institucional). O critério estabelecido para dispor as categorias dos estudos revisados nas respectivas dimensões se relaciona ao objetivo de cada categoria mencionado no estudo analisado, utilizando a análise de conteúdo.

3.2.1.2.2 Re-categorização para inclusão e comparação dos indicadores

A partir da categorização se estabeleceu a re-categorização que possibilitou a comparação dos indicadores provenientes das ferramentas selecionadas. Nesta pesquisa foram estabelecidas quatro categorias (ambiental, econômica, social e institucional) e vinte subcategorias (água, edifícios sustentáveis, energia, forma urbana, infraestrutura urbana, materiais, meio ambiente e biodiversidade, poluição, resíduos, economia e negócios, empregos, cultura e patrimônio, comunidade, espaço urbano, habitação, mobilidade urbana, segurança, serviços, governança e inovação), com a definição de objetivos para cada uma das subcategorias, com o intuito de orientar a inclusão posterior dos indicadores. Esta fase segue a segunda etapa (escopo) da estrutura desenvolvida por Maclaren (1996). As subcategorias foram distribuídas nas categorias de sustentabilidade, para esta etapa foi estabelecido o nível de relação entre as subcategorias propostas, seguindo a seguinte legenda: forte relação, média relação e fraca relação.

3.2.1.2.3 Análise comparativa dos indicadores das ferramentas

A etapa da análise comparativa das ferramentas compreendeu a confecção de um quadro comparativo entre os indicadores constantes nas ferramentas de avaliação. O preenchimento do quadro seguiu as fases mencionadas por Bardin (2011) para a realização da análise de conteúdo, com a exploração dos manuais das ferramentas analisadas, onde cada indicador foi incluído em um subcategoria.

A análise comparativa foi dividida em três fases: a primeira refere-se à análise dos indicadores nas categorias de sustentabilidade. A segunda fase à análise dos indicadores nas subcategorias e a terceira integra a análise de similaridade. Para determinar quais os

aspectos são mais e menos discutidos nas ferramentas analisadas, e para compará-los, o número de indicadores em cada subcategoria foi determinado. A partir do número total efetuou-se uma análise geral quantitativa, considerando as categorias e as subcategorias. Para descobrir quais subcategorias são mais ou menos enfatizadas se realizou uma distribuição estatística.

Na sequência os indicadores foram organizados por similaridade, com o objetivo de agrupar os indicadores que possuíam significados semelhantes e reduzir o número encontrado.

3.2.1.3 Fase 1.3: Indicadores potenciais para medir a sustentabilidade de bairro

Nesta fase foram definidos os critérios para seleção dos indicadores potenciais, atendendo a etapa quatro do processo desenvolvido por Maclaren (1996).

Os critérios estabelecidos foram:

- a) Ser viável de aplicação e cientificamente válido (BRAGANÇA; CONDE; ALVAREZ, 2017; MACLAREN, 1996);
- b) Ser possível de medir ou avaliar qualitativamente (BARRERA-ROLDÁN; SALDÍVAR-VALDÉS, 2002; BELL; MORSE, 2003; BRAGANÇA; CONDE; ALVAREZ, 2017);
- c) Ser comparável com outras estruturas (MACLAREN, 1996);
- d) Refletir os cenários urbanos (TURCU, 2013).

Os critérios foram considerados no quadro dos indicadores por similaridade, estipulado que para cada subcategoria, deveria ter no mínimo um indicador. O número total de indicadores potenciais foi estabelecido em consonância com o mencionado por Bossel (1999).

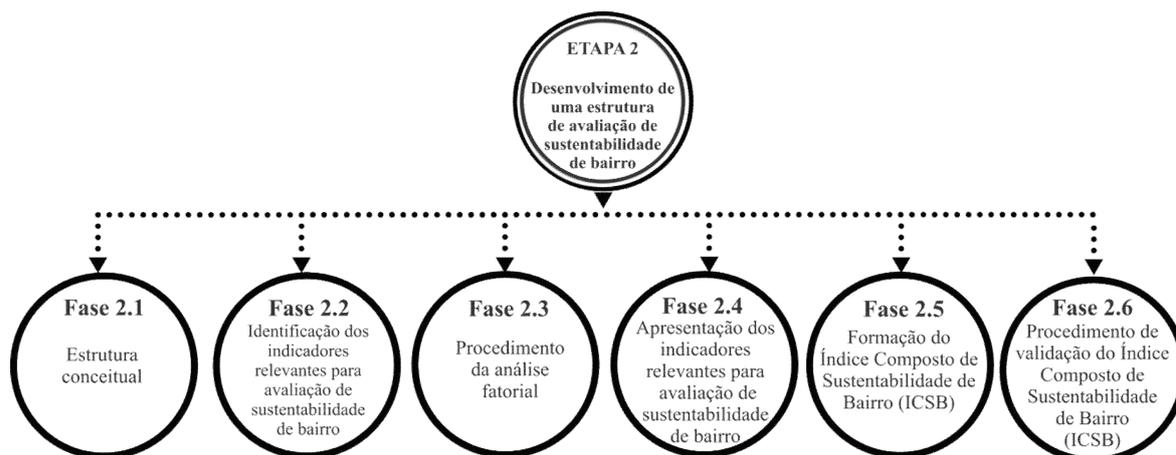
3.2.2 Etapa 2: Desenvolvimento de uma estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro

Esta etapa é destinada para a descrição dos procedimentos para alcançar a identificação dos indicadores relevantes de sustentabilidade de bairro e a composição de um Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB) e os respectivos índices por categoria de sustentabilidade, nomeadamente Índice Ambiental de Sustentabilidade de Bairro (IASB), Índice Econômico de Sustentabilidade de Bairro (IESB), Índice Social de

Sustentabilidade de bairro (ISBS) e Índice Institucional de Sustentabilidade de Bairro (IISB). O índice proposto tem o intuito de avaliar bairros existentes e auxiliar no monitoramento e avaliação contínuos das mudanças no nível de sustentabilidade.

A segunda etapa do procedimento metodológico se subdivide em seis fases, apresentadas na Figura 15 e descritas a seguir.

Figura 15: Fases da segunda etapa do procedimento metodológico



Fonte: Autora, 2018.

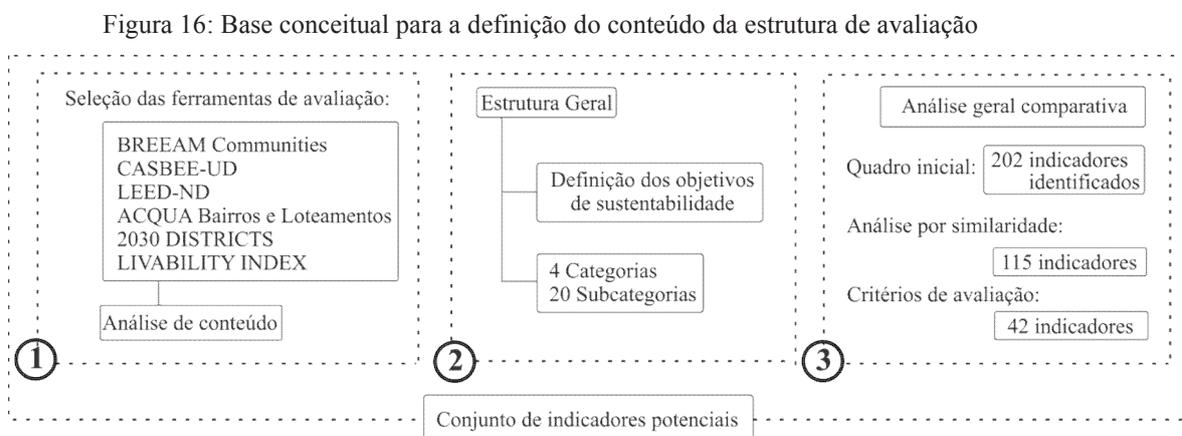
3.2.2.1 Fase 2.1: Estrutura conceitual

Esta fase compreende a apresentação da base conceitual para a formação do conjunto de indicadores inseridos no quadro para avaliação de sustentabilidade de bairro. O quadro de indicadores objetiva verificar se o que está sendo praticado no meio urbano, na escala de bairro, no que tange os aspectos abordados nas categorias é sustentável. O nível de sustentabilidade verificado sinalizará orientações das melhores práticas, a fim de alcançar a sustentabilidade (ARSLAN, DURAK, AYTAC, 2016).

Inicialmente para definir a estrutura conceitual do quadro de indicadores foram indicados conceitos dos termos sustentabilidade, bairro e os princípios de sustentabilidade para cada dimensão, adotados nesta pesquisa. Estas definições foram baseadas na análise de conteúdo exposto no Capítulo 2, preliminarmente, no item 2.1 Desenvolvimento urbano sustentável e no item 2.2 Compreendendo o bairro como unidade socioterritorial urbana.

A estrutura proposta nesta pesquisa está ilustrada na

Figura 16. Os indicadores que compõem o quadro de avaliação foram selecionados a partir dos achados da literatura.



Fonte: Autora, 2018.

A estrutura foi organizada em dois níveis hierárquicos: categorias de sustentabilidade, seguida das subcategorias. O resultado desta fase foi a formação de um quadro com os indicadores considerados potenciais para compor a estrutura de avaliação da sustentabilidade de bairro. Esse conjunto de indicadores potenciais foi submetido à consulta de especialistas e cidadãos, a partir de um questionário com a finalidade de obter o nível de concordância frente às questões de sustentabilidade de bairro. O resultado desse questionário alimentou o banco de dados da análise fatorial e culminou na identificação dos indicadores relevantes para avaliação da sustentabilidade, explanado na próxima fase da pesquisa.

3.2.2.2 Fase 2.2: Identificação dos indicadores relevantes para avaliação de sustentabilidade de bairro

A segunda fase da etapa de delineamento da avaliação da sustentabilidade de bairro encontra-se subdividida em quatro subfases: elaboração e validação do questionário com a realização de um pré-teste, definição da população e tamanho da amostra, análise descritiva dos dados.

3.2.2.2.1 Elaboração do questionário

O instrumento de pesquisa utilizado para aferir a opinião dos respondentes foi o questionário, utilizado por apresentar as seguintes vantagens: possibilitar a aplicação em diferentes locais, abranger um maior número de pessoas, ser anônimo, favorecendo a liberdade nas respostas, seguro, possibilitar ao respondente escolher o momento e o local mais conveniente para responder e apresentar uniformidade na avaliação. As principais desvantagens são a impossibilidade de esclarecer dúvidas dos respondentes e a baixa taxa de retorno (RHEINGANTZ *et al.*, 2009, p. 79). O questionário se configura em uma fonte primária de coleta de dados, elaborado de forma objetiva, conforme coloca Serra (2006). Nesta pesquisa, o questionário foi apresentado em duas partes, sendo a primeira destinada às questões e a segunda relacionada ao perfil dos respondentes.

Para cada indicador potencial foi elaborada uma questão afirmativa (Quadro 19), sendo três questões elaboradas com frases invertidas (B2, B10 e B31). A inclusão de frases invertidas é importante para reduzir respostas tendenciosas (FIELD, 2009, p. 595). Para a determinação do grau de concordância de cada questão foi utilizada a classificação baseada na escala de Likert de cinco pontos: 1 = discordo totalmente, 2 = discordo, 3 = não concordo nem discordo, 4 = concordo, 5 = concordo totalmente (MALHOTRA, 2019). Oliveira (2001) menciona que a escala de Likert ou escala somatória, relaciona uma série de afirmações com o objeto pesquisado, o entrevistado responde se concorda ou não com a afirmação apresentada e atribui um número a cada resposta, que reflete a direção da atitude do entrevistado em relação a cada afirmação.

O procedimento de coleta das informações dos questionários junto aos respondentes foi encaminhado via e-mail com as orientações de preenchimento e o link de acesso ao questionário. O questionário foi elaborado em formulário eletrônico no Google Forms (Apêndice A). As respostas ficaram armazenadas no Google Forms, com exportação dos dados para planilha do Excel[®] para posterior análise em programa estatístico.

O questionário integrou um projeto da pesquisa, sendo encaminhado ao Comitê de Ética em pesquisa da Universidade de Passo Fundo onde foi analisado e aprovado com o registro CAAE: 11023319.9.0000.5342.

3.2.2.2.2 Pré-teste

A validação do questionário foi inserida no procedimento para verificar, principalmente, possíveis ambigüidades que poderiam afetar o entendimento do questionário submetido à apreciação dos respondentes e a clareza das questões. As questões constantes no Quadro 19 foram enviadas via e-mail para cinco professores pesquisadores vinculados aos Programas de Pós-Graduação da Universidade de Passo Fundo. Os professores participantes desta validação foram convidados a fornecer comentários sobre as questões que por ventura apresentassem dúvidas no momento do preenchimento. Os feedbacks foram utilizados para promover adequações no questionário para posterior envio aos respondentes.

Quadro 19: Relação de questões elaboradas para o questionário

Categoria	Subcategoria	Indicador potencial	Questão	Código
Ambiental	Água	Redução do uso da água	O aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis reduz o consumo de água potável.	B21
		Regularidade no abastecimento	O abastecimento irregular de água afeta as atividades diárias dos residentes.	B33
	Edifícios Sustentáveis	Edifícios com eficiência energética	Edifícios com eficiência energética contribuem para reduzir os efeitos ambientais adversos da produção e consumo de energia.	B30
		Reuso do edifício	A reutilização de estruturas existentes (edifícios abandonados / subutilizados) ajuda a reduzir o impacto ambiental de uma nova construção.	B32
	Energia	Produção de energia renovável	O uso de recursos renováveis como fonte de energia reduz o consumo de combustíveis fósseis.	B13
		Redução do uso de energia	Um projeto arquitetônico que prioriza a iluminação natural e a ventilação auxilia na redução do consumo de energia elétrica.	B18
		Uso misto	Um bairro com menor variedade de estabelecimentos comerciais, serviços, diversão e alimentação permite que os moradores realizem suas atividades a pé.	B10
	Forma urbana	Desenvolvimento compacto	Em um bairro compacto, a distância menor entre a casa e o local de trabalho facilita a prevenção de grandes deslocamentos.	B17
		Ocupação irregular em área de risco	As ocupações irregulares em áreas de risco representam sérios riscos à segurança e à saúde dos moradores, além de contribuir para a degradação do meio ambiente natural.	B34
	Infraestrutura urbana	Drenagem urbana	Uma rede de drenagem urbana eficiente reduz as inundações.	B7
		Rede de ciclismo	A implantação de uma rede de ciclovias contribui para redução do tráfego de veículos.	B16
		Passeio público acessível	Um passeio público acessível oferece passagem segura para todos, independentemente de sua condição física.	B24
		Ruas seguras	As ruas são seguras quando possuem sinalização indicando faixa de pedestres e limite de velocidade compatível com a via. Por exemplo: via local: 30 km / h (Fonte: Código Brasileiro de Trânsito).	B14
	Materiais	Infraestrutura verde	A vegetação na calçada incentiva o sombreamento e o ambiente urbano.	B4
		Acesso à internet	O acesso à internet em locais públicos mantém a comunidade informada e conectada.	B6
		Saneamento básico	A falta de saneamento básico afeta a saúde pública.	B36
			Materiais de baixo impacto	Nas edificações, o uso de materiais com baixo impacto ambiental em seu ciclo de vida auxilia na reciclagem futura.

Categoria	Subcategoria	Indicador potencial	Questão	Código
Ambiental	Meio Ambiente e Biodiversidade	Conservação de corpos d'água, recursos naturais e áreas úmidas	A implantação de projetos urbanísticos e arquitetônicos deve priorizar a conservação de recursos naturais, corpos d'água e áreas úmidas (banhados).	B41
		Produção local de alimentos	A implantação de hortas urbanas estimula o consumo de alimentos orgânicos.	B28
	Poluição	Redução das emissões de carbono de transporte	Os carros elétricos contribuem para a redução da emissão de poluentes.	B20
		Poluição sonora	O uso de materiais absorventes nas fachadas e recuo da fachada com vegetação são estratégias para reduzir a poluição sonora interna.	B37
Econômico	Resíduos	Poluição da água	A proteção dos mananciais e o controle do despejo de produtos e resíduos nos rios reduzem a poluição da água.	B15
		Reciclagem de resíduos sólidos urbanos	A implementação efetiva de políticas de reciclagem de resíduos contribui para a geração de renda.	B22
	Economia e Negócios	Descarte irregular em via pública	A disposição irregular do lixo nas vias públicas contribui para as inundações.	B38
		Proximidade a atividades de uso cotidiano	O acesso a lojas, supermercados e mercados públicos proporciona dinamismo econômico ao bairro.	B39
	Emprego	Disponibilidade de habitação subsidiada	Moradias subsidiadas (aluguel social) ajudam moradores de baixa renda a morar em bairros de alto custo, contribuindo para a inclusão social.	B11
		Oportunidade de emprego	No bairro não é necessário ter oportunidades de emprego.	B31
Social	Cultura e Patrimônio	Preservação do patrimônio existente	A preservação do patrimônio histórico mantém a identidade do bairro.	B23
		Espaço de centro comunitário	Um espaço comunitário fortalece o vínculo comunitário e gera maior engajamento em propostas de melhorias.	B29
	Comunidade	Educação ambiental	A educação ambiental nas escolas contribui para a consciência ambiental.	B9
		Proximidade a espaços verdes	A prática de exercícios ao ar livre melhora se o bairro possuir uma praça ou área de lazer.	B3
	Habitação	Diversidade de tipologias habitacionais	A disponibilidade de diferentes tipos de habitação não promove a diversidade dos residentes.	B2
		Proximidade ao transporte público	A presença de terminais de ônibus com passagem integrada permite uma interconexão eficiente entre os bairros e incentiva o uso do transporte público.	B40
	Mobilidade urbana	Bicicletário compartilhado	A presença de um bicicletário compartilhado no bairro reduz o tempo de deslocamento e incentiva a prática de atividades físicas saudáveis.	B8
		Redução da área de estacionamento	A redução dos estacionamentos pavimentados contribui para a permeabilidade do solo.	B27
	Segurança	Prevenção do crime	Locais públicos bem iluminados passam a sensação de maior segurança.	B35

Categoria	Subcategoria	Indicador potencial	Questão	Código
Social	Serviços	Acesso à educação	O acesso à educação auxilia na disseminação e aplicação de novos conhecimentos.	B19
		Acesso à saúde	O acesso às instalações de saúde contribui para indivíduos saudáveis.	B1
Institucional	Governança	Pólos de integração	A implantação de polos de integração em regiões que atendem a mais de um bairro beneficia a inclusão social e cultural e a valorização humana.	B26
		Representação das associações de moradores em conselhos municipais	Ter um representante da associação de moradores nos conselhos municipais fortalece a participação da população na formulação das políticas públicas.	B12
	Educação continuada para formação de mão de obra	A oferta de cursos técnicos gratuitos no bairro possibilita a inserção no mercado de trabalho.	B5	
	Cidadania digital	Inovação	O uso de mecanismos digitais em espaços públicos contribui para a segurança e o inter-relacionamento dos moradores.	B42

Fonte: Autora, 2019.

3.2.2.2.3 Descrição da população e tamanho da amostra

A população determinada para integrar os respondentes da pesquisa foram cidadãos e especialistas, residentes em bairros de cidades brasileiras, tanto do sexo feminino quanto do masculino, maiores de 18 anos. Os especialistas selecionados poderiam exercer as seguintes atividades: Administrador(a), Arquiteto(a) Urbanista, Biólogo(a), Economista, Engenheiro(a) Ambiental, Engenheiro(a) Civil, Engenheiro(a) Elétrico(a), e Pesquisador(a) em Instituição de Ensino Superior. Os cidadãos poderiam se enquadrar dentre as seguintes: Membro de organização não-governamental, Membro da sociedade civil, Membro de associação de moradores, Técnico(a) no serviço público, Gestor(a) no serviço público, Empresário(a) na construção ou urbanização.

Quanto aos conhecimentos sobre a temática abordada na pesquisa, os respondentes tanto poderiam possuir conhecimento na área de planejamento urbano, urbanismo e/ou sustentabilidade, quanto não ter conhecimento nas áreas mencionadas. A heterogeneidade da população pretendida está atrelada aos princípios já mencionados de Reed, Fraser e Dougill (2006), Happio (2012) e Sharifi e Murayama (2013), onde a participação do público na escolha dos indicadores é defendida, e não vinculada apenas um único segmento da sociedade ou área de conhecimento.

A técnica de amostragem utilizada foi o processo probabilista, baseado na escolha aleatória dos respondentes, cujo significado de aleatório se relaciona à seleção de forma que cada membro da população tenha a mesma probabilidade de ser escolhido (MARCONI; LAKATOS, 2017).

Inicialmente, realizou-se um levantamento dos endereços eletrônicos das instituições de ensino brasileiras e dos docentes atuantes nos programas de pós-graduação em arquitetura e urbanismo, planejamento urbano e regional e engenharia (tanto públicas quanto privadas), federações de municípios dos estados brasileiros, secretarias municipais, organizações não governamentais e união das associações de moradores de Passo Fundo / RS. Em seguida os questionários foram encaminhados via e-mail para os endereços catalogados, com as seguintes instruções: a) solicitação de encaminhamento para os pares; b) orientações de preenchimento; c) link de acesso. Os respondentes participaram da pesquisa fornecendo sua opinião de concordância ou discordância frente às questões apresentadas.

A) Tamanho da amostra

O tamanho da amostra está vinculado ao procedimento da análise fatorial com o método de extração pelo *Principal Component Analysis* – PCA. Dessa maneira, segue a sugestão de Malhotra (2019) que é de 4 a 5 vezes o número de variáveis, neste caso como a pesquisa inicialmente se baseou em 42 variáveis, requerendo um total mínimo de 168 respondentes.

O período de coleta de dados foi de 26 de novembro de 2019 a 05 de janeiro de 2020, resultando em um total de 220 respondentes, com 218 respostas válidas.

3.2.2.2.4 Análise descritiva dos dados

Os dados foram avaliados inicialmente de forma descritiva e relacional com a finalidade de caracterizar a amostra coletada. Os níveis de concordância dos respondentes foram analisados perante as questões com base em uma escala Likert de cinco pontos, variando de 1 = discordo totalmente a 5 = concordo totalmente, com análises relacionadas às categorias de sustentabilidade.

3.2.2.3 Fase 2.3: Procedimento da Análise Fatorial

A análise fatorial seguiu o planejamento exposto por Hair *et al.* (2009) no item 2.5.2.2. Análise Fatorial constante do Capítulo 2 deste documento, a partir de seis estágios. O Quadro 20 apresenta as definições adotadas nesta pesquisa.

Estágio 1: A análise fatorial foi exploratória com o objetivo de identificar um conjunto menor (indicadores relevantes) dentre as 42 variáveis originais (indicadores potenciais) que representassem parcimoniosamente o conjunto dos dados para mensurar as quatro dimensões da sustentabilidade aplicadas em nível de bairro.

Estágio 2: O tamanho da amostra foi verificado e possuía uma proporção maior de 5:1 na razão entre observações e variáveis, aceitável pelas recomendações de Hair *et al.* (2009).

Quadro 20: Planejamento da análise fatorial

Estágio	Etapas	Definições adotadas na pesquisa
1	Tipo de análise fatorial	Exploratória
	Unidade de análise	Variável
	Definição do objetivo	Redução de dados
2	Objetivo	Obter a relação das correlações entre as variáveis
	Amostra	218 / 42 = 5,19
	Variáveis	Métricas e independentes
	Quantidade de variáveis	42
3	Exame dos dados	Avaliação da normalidade
	Matriz de correlação	Coefficiente de correlação valores acima de 0,30
	Teste de esfericidade de Bartlett	$p < 0,05$
	<i>Kaiser-Meyer-Olkin</i> (KMO)	Superior a 0,50 (MALHOTRA, 2019)
	Medida de adequação da amostra (MSA)	Valores inferiores a 0,50 são omitidos $\geq 0,80$, admirável; $\geq 0,70$ e $< 0,80$, mediano; $\geq 0,60$ e $< 0,70$, medíocre (HAIR <i>et al.</i> , 2009)
4	Método de extração	Análise de componentes principais (PCA)
	Número de fatores	Critério da raiz latente (Critério de Kaiser) são extraídos os autovalores superiores a 1 Critério do teste <i>Scree plot</i>
5	Cargas fatoriais	Com relação ao tamanho da amostra se considera significativo acima de 0,40 (HAIR <i>et al.</i> , 2009)
	Método de rotação	Varimax
	Comunalidades	Maiores que 0,50 são mantidas na análise
	Componentes extraídos	Rótulo para o componente que reflita o conjunto de variáveis naquele componente
6	Validação	Coefficiente de confiabilidade (<i>Cronbach alpha</i>) 0,70 - 0,80 indica uma escala aceitável

Fonte: Autora, 2019, a partir de FIELD, 2009; HAIR *et al.*, 2009; MALHOTRA, 2019.

Estágio 3: Este estágio foi destinado ao exame dos dados, com o objetivo de verificar a adequabilidade dos mesmos para a realização da análise fatorial. Inicialmente, uma análise descritiva do conjunto de dados foi realizada. Em seguida, avaliou-se a normalidade do conjunto, ou seja, a distribuição de cada variável individual e sua correspondência com a distribuição normal. Primeiramente, examinaram-se as representações gráficas, e quando detectado alguma variável não-normal na distribuição, o teste baseado nos valores de assimetria⁸ e curtose (grau de achatamento – achatada ou pontiaguda - da distribuição) (FIELD, 2009), *escore-z*, foi aplicado. Os parâmetros para

⁸ Uma distribuição assimétrica pode ser positivamente assimétrica (a maioria dos escores está concentrada à esquerda da escala) ou negativamente assimétrica (a maioria dos pontos está concentrada à direita da escala) (FIELD, 2009, p. 37).

análise foram: um valor absoluto maior do que 1,96 é significativo com $p < 0,05$, e um valor acima de 2,58 é significativo com $p < 0,01$. Valores absolutos acima de 3,29 são significativos com $p < 0,001$ (FIELD, 2009, p. 93).

Os testes de Shapiro-Wilks e de Kolmogorov-Smirnov também foram aplicados. Cada um calculou o nível de significância para as diferenças em relação a uma distribuição normal (HAIR *et al.*, 2009). O teste não significativo ($p > 0,05$) indicou que os dados da amostra não diferiam significativamente de uma distribuição normal. Entretanto, algumas variáveis apresentaram uma diferença na distribuição normal, sendo adotada a transformação de dados, para tanto, se calculou a proporção entre a média da variável e seu desvio padrão. Os efeitos perceptíveis ocorrem quando a proporção for menor do que 4 (HAIR *et al.*, 2009). Para a aplicação da transformação de dados se verificou a distribuição da curva no histograma e seguiu a determinação de Hair *et al.* (2009): a) distribuição achatada: transformação inversa; b) distribuição negativamente assimétrica: transformação quadrado ou cubo; c) distribuição assimétrica positiva: logaritmo ou raiz quadrada. Após a transformação de dados, não se observou melhora significativa na distribuição normal nas representações gráficas e nos descritores estatísticos, permanecendo em sua forma original na análise fatorial.

Para a verificação das correlações das variáveis, em virtude de se observar uma distribuição não normal das variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, uma estatística não-paramétrica. Esta estatística gera uma matriz com os coeficientes de correlação entre as variáveis e o valor de significância desse coeficiente (FIELD, 2009). Analisando a intercorrelação entre as variáveis, quaisquer variáveis que não se correlacionam com outras variáveis (ou com pouquíssimas) foram excluídas antes da execução da análise de fatores.

Estágio 4: O método de extração foi a análise por componentes principais, pois o objetivo foi a redução de dados. Dentre os critérios disponíveis para determinar o número de fatores foram utilizados o critério da raiz latente (critério de Kaiser), no qual são retidos apenas os fatores com autovalores superiores a 1,0 e o critério do teste *scree plot*, a partir da observação do ponto no qual começa o declive da curva no gráfico, que denota o número de fatores a serem extraídos.

Estágio 5: Na interpretação dos fatores, inicialmente se observaram as cargas fatoriais da matriz de correlação não rotacionada, consideradas pelo tamanho da amostra as cargas superiores a 0,40. O método de rotação adotado foi o Varimax, e após a rotação as

cargas foram analisadas novamente, havendo a necessidade de exclusão de variáveis nessa etapa, verificou-se os valores das comunalidades das variáveis, com eliminação das inferiores a 0,50 e as variáveis com carga cruzada também foram excluídas. A análise foi refeita até que se obteve uma solução aceitável, ou seja, comunalidades com valores superiores a 0,50, nenhuma variável com carga cruzada e cargas fatoriais acima de 0,50. Com a solução fatorial finalizada se passou a rotular teoricamente o conjunto de variáveis extraídas nos componentes, considerando para a nomenclatura as variáveis com as cargas fatoriais maiores no respectivo componente.

Estágio 6: O α de Cronbach verificou a confiabilidade da escala do questionário, onde valores de 0,70 - 0,80 indicam uma escala aceitável. Para as frases invertidas, Field (2009) indica reverter à escala para aplicar a análise. Dessa maneira, com o valor máximo da escala de resposta (nesse caso, 5 = discordo totalmente) adicionar 1 ($5 + 1 = 6$). Para cada respondente esse novo valor (6) foi subtraído do escore original.

3.2.2.4 Fase 2.4: Apresentação dos indicadores relevantes para avaliação de sustentabilidade de bairro

Após os indicadores potenciais passarem pelo procedimento da análise fatorial com o método de extração pela análise dos componentes principais, se obteve o conjunto de indicadores relevantes de sustentabilidade de bairro.

3.2.2.5 Fase 2.5: Formação do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB)

A presente fase destina-se à apresentação dos procedimentos para a formação do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB), dividido em cinco subfases: a) elaboração dos critérios de avaliação e escalas de medição para aferição de cada indicador, b) cálculo da saída de medição para cada indicador, c) normalização, d) ponderação, e e) agregação.

3.2.2.5.1 Elaboração dos critérios e equações de medição para aferição de cada indicador

Com a identificação dos indicadores relevantes a partir da análise de componentes principais foram elaborados os procedimentos metodológicos, critérios, escalas e fórmulas para cada indicador identificado. As informações detalhadas se encontram no Apêndice B.

3.2.2.5.2 Cálculo da saída de medição para cada indicador

Após a identificação dos procedimentos metodológicos de medição de cada indicador, a saída de medição para cada um foi calculada. Estes cálculos são pré-requisitos para os procedimentos do cálculo do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro. Nesta etapa, os bairros sorteados após a análise de cluster são utilizados como base para gerar a medição para os indicadores relevantes. Essa saída de medição será utilizada para gerar o procedimento de normalização para o conjunto de indicadores antes da ponderação de cada indicador.

3.2.2.5.3 Normalização

A normalização é utilizada com a finalidade de deixar os indicadores na mesma unidade. Segundo Nardo *et al.* (2005) há uma série de métodos de normalização a disposição, tais como: ranking, padronização, redimensionamento, distância ao país de referência, escalas categóricas, indicadores acima ou abaixo da média, indicadores cíclicos, balanço de opiniões e porcentagem de diferenças anuais. A presente pesquisa utilizou a técnica de escala categórica e a técnica acima ou abaixo da média, descritas a seguir.

A) Procedimento da técnica de escala categórica

A escala categórica pode ser numérica (1, 2, 3) ou qualitativa (parcialmente alcançada, alcançada, não alcançada), nesta pesquisa foi determinada a escala numérica (unidade de 5 pontos de 1 a 5) (NARDO *et al.* (2005), aplicada para cada indicador. Indicador: escores originais inferiores a 30% obtidos por uma escala normalizada de 1, os escores originais indicados entre 30% e 50% receberam uma escala normalizada de 2, os

escores originais indicados entre 50% e 70% receberam uma escala normalizada de 3, os escores originais indicados entre 70% e 90% receberam 4 e os escores originais do indicador de 90% e superior recebeu uma escala de 5. Para aplicar as escalas normalizadas nos estudos de caso, a escala normalizada foi definida dentro da faixa de disseminação (entre pontuação mínima e máxima) do escore de medição original de cada indicador nos cinco estudos de caso. A equação usada para gerar as cinco escalas normalizadas para cada indicador é:

Equação 1

Normalização da escala categórica

Escala normalizada 1, se $k < D_{base} \times 30\% + D_{min}$

Escala normalizada 2, se $D_{base} \times 30\% + D_{min} < k < D_{base} \times 50\% + D_{min}$

Escala normalizada 3, se $D_{base} \times 50\% + D_{min} < k < D_{base} \times 70\% + D_{min}$

Escala normalizada 4, se $D_{base} \times 70\% + D_{min} < k < D_{base} \times 90\% + D_{min}$

Escala normalizada 5, se $k > D_{base} \times 90\% + D_{min}$

Onde: k = pontuação do indicador original, D_{min} = pontuação mínima do indicador original, D_{max} = pontuação máxima do indicador original, D_{base} = diferença entre D_{min} e D_{max} .

B) Procedimento da técnica acima e abaixo da média

O procedimento de normalização com na base na técnica acima ou abaixo da média transforma a pontuação original em um escore normalizado em torno da média (NARDO *et al.*, 2005). A escala foi definida com base no valor da pontuação em torno da média com um determinado limite ($\pm 10\%$). A pontuação do indicador original inferior à média (menor sustentabilidade) recebe -1, a pontuação do indicador original em torno da média recebe 0 e os escores dos indicadores que são superiores a média (maior sustentabilidade) recebe +1. A fórmula para esta transformação é apresentada na Equação 2:

Equação 2

Normalização acima e abaixo da média

Escala -1, se $k < (a - p)$

Escala 0, se $(a - p) < k < (a + p)$

Escala -1, se $k > (a + p)$

Onde: k = pontuação do indicador original, $p = \pm 10\%$, a = média do indicador

3.2.2.5.4 **Ponderação**

Para a realização da ponderação Nardo *et al.* (2005) apresentam várias técnicas, tais como: modelos estatísticos (por exemplo, análise de fatores, análise de envolvimento de dados, modelos de componentes não observados), ou métodos participativos (por exemplo, alocação de orçamento, processos de hierarquia analítica).

O objetivo das ponderações dos indicadores foi verificar o valor de contribuição de cada indicador na sustentabilidade. A atribuição de ponderação de indicadores foi baseada nos resultados da análise de componentes principais. As pontuações dos indicadores correspondem às cargas fatoriais quadradas normalizadas.

3.2.2.5.5 **Agregação**

As técnicas de agregação para indicadores compostos presentes na literatura são: método aditivo, independência de preferência, agregações multiplicativas (ou geométricas) ou as agregações não-lineares, como as análises multicritérios ou a análise de cluster (NARDO *et al.*, 2005).

A escolha da técnica de agregação para ser utilizada na pesquisa depende da escolha realizada anteriormente na ponderação, dessa forma, como a pesquisa utilizou a análise de componentes principais para ponderação, a indicação de Nardo *et al.* (2005) é a utilização de uma das técnicas: agregação linear, geométrica ou multicritério. Para este modelo a escolha foi a aplicação da agregação geométrica por ser apropriado quando os indicadores não comparáveis e estritamente positivos são expressos em diferentes escalas de proporção e com base nos diferentes incentivos que fornecem aos indicadores em um exercício de avaliação comparativa. Nessa técnica de agregação a compensabilidade é menor quando o composto contém indicadores com valores baixos, será necessário um score muito maior nos outros para melhorar a situação e o indicador que apresentar um score baixo será incentivado a aumentar sua pontuação.

Para a formação do índice composto de sustentabilidade de bairro se torna necessário gerar o valor agregado da categoria, além de possuir uma escala normalizada e a ponderação dos indicadores (NARDO *et al.*, 2005). O agregado de categoria refere-se ao valor de impacto que cada categoria: ambiental, social, econômica e institucional contribui para o nível de sustentabilidade do bairro. O peso da categoria se refere ao percentual de concordância na escala 5 dos respondentes da pesquisa, em relação ao peso total da categoria. O valor agregado da categoria será obtido pela Equação 3:

Equação 3

$$\text{Categoria Agregada} = \frac{\text{peso da categoria}}{\text{total dos pesos da categoria}}$$

3.2.2.5.6 **Formulação do cálculo do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB)**

O índice geral se obtém do somatório dos indicadores compostos de cada categoria de sustentabilidade, conforme ilustra a Equação 4:

Equação 4

$$\text{Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB)} = \sum_{k,t} a_k b_k c_t \quad k = 1,2,\dots,12 \text{ e } t = 1,2,3,4$$

Onde k = indicador, t = categoria do indicador, a = indicador de pontuação normalizada, b = ponderação do indicador e c = índice agregado da categoria.

O somatório de todos os indicadores resultará em uma pontuação de 28,46 pontos, que consiste na pontuação máxima possível de ser alcançada pelo bairro, caso atenda satisfatoriamente a todos os aspectos analisados. A partir dos resultados do somatório o índice é convertido para uma escala de 0 a 1.

Para cada categoria de sustentabilidade é gerado um índice obtido a partir do somatório dos indicadores compostos da respectiva categoria, com as seguintes denominações: Índice Ambiental de Sustentabilidade de Bairro (IASB), Índice Econômico de Sustentabilidade de Bairro (IESB), Índice Social de Sustentabilidade de bairro (ISSB) e

Índice Institucional de Sustentabilidade de Bairro (IISB). Os índices das categorias são convertidos para uma escala de 0 a 1.

Os valores do índice se encontram em um intervalo de 0 a 1, sendo considerado o valor 0,70 como um valor de base, ou limiar da sustentabilidade, ou seja, valores abaixo de 0,70 são considerados em situação indesejável. O valor 0,70 é indicativo em virtude do conjunto de indicadores potenciais obterem 70% de variância do conjunto inicial de indicadores. Dessa forma, entende-se como um valor que contemple boas práticas de sustentabilidade se implementado na sua totalidade.

A utilização de índices por categorias, bem como o índice geral permite comparações entre os bairros, possibilitando a atribuição de um conceito qualitativo e a indicação de um nível de sustentabilidade. Para a classificação do nível de sustentabilidade obtida, bem como seu conceito qualitativo se utilizam a escala do Quadro 21 a seguir.

Quadro 21: Escala de classificação do nível de sustentabilidade de bairro

Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro	Nível de sustentabilidade	Classificação Qualitativa
0,90-1,00	5	Alto
0,70-0,90	4	Médio alto
0,50-0,70	3	Médio
0,30-0,50	2	Médio baixo
0,00-0,30	1	Baixo

Fonte: Autora, 2019.

Os valores estão organizados em cinco níveis de sustentabilidade: Baixo (0,00, <0,30), Médio baixo ($\geq 0,30$, <0,50), Médio ($\geq 0,50$, <0,70), Médio Alto ($\geq 0,70$, <0,90), Alto ($\geq 0,90$, 1,00). As cores utilizadas tem o objetivo de facilitar a visualização dos resultados e uma leitura expedita.

Os escores dos indicadores normalizados seguem a mesma classificação do nível do índice, ou seja: o escore 5 indica alto nível de sustentabilidade, 4 indica nível médio alto de sustentabilidade, o escore de 3 indica um nível médio, enquanto o escore de 2 indica nível médio baixo de sustentabilidade e o escore 1 indica um baixo nível de sustentabilidade.

Para a apresentação gráfica dos resultados é utilizado o gráfico do tipo radar. Esse tipo de gráfico permite apresentar várias variáveis ao mesmo tempo, realizar visualizações comparativas entre os diferentes estudos de caso e uniformização das unidades de medida.

3.2.2.6 Fase 2.5: Procedimento de validação do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB)

Esta fase é destinada a avaliar a robustez do indicador composto, procurando evitar erros devido aos valores e pressupostos do indicador. Para tanto, uma combinação de análises é realizada. A análise de incerteza concentra-se em como a incerteza nos fatores de entrada se propaga através da estrutura do índice de indicadores compostos de sustentabilidade (ordem de classificação). A análise de sensibilidade verifica o quanto cada fonte de incerteza individual contribui para a variância do produto (NARDO *et al.*, 2005).

3.2.2.6.1 Análise de incerteza

Na formulação de um modelo muitas são as fontes de incertezas durante o processo, como menciona Nardo *et al.* (2005), na seleção dos indicadores, qualidade e edição dos dados, normalização, ponderação e valores de peso. Esta pesquisa aborda a fonte de incerteza devido a diferença entre as técnicas utilizadas na normalização. A primeira análise de incerteza envolveu comparar as diferenças de classificação (derivadas do índice composto) baseadas na técnica de escala categórica. A segunda análise comparou as diferenças baseadas na técnica de normalização acima e abaixo da média.

3.2.2.6.2 Análise de sensibilidade

Segundo Nardo *et al.* (2005) é necessário identificar as variáveis de saída de interesse para realizar uma análise de sensibilidade. Para o cálculo do índice de sensibilidade se comparam as diferenças de saída de cada indicador usando a equação (HAMBY, 1994 *apud* TERIMAN, 2012):

Equação 5

$$SI_k = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{max}}$$

Onde SI = índice de sensibilidade, k = indicador, D_{max} = índice composto quando k está configurado para escala normalizada máxima e D_{min} = índice composto quando k é ajustado para uma escala normalizada mínima.

3.2.3 Etapa 3: Aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro

A etapa três destina-se ao procedimento de definição dos objetos de estudo, a partir da análise de cluster, apresentação dos objetos de estudo e a descrição do procedimento de avaliação. Esta terceira etapa da pesquisa objetiva a validação da estrutura de avaliação proposta. Neste caso, para uma aplicação em bairros pré-definidos não se faz necessária seguir esta descrição. Da mesma forma, a escolha das variáveis utilizadas (renda e população) para definir os clusters. Estas variáveis podem ser estabelecidas a partir de outras características como faixa etária, escolaridade, desigualdade social, entre outras.

3.2.3.1 Fase 3.1: Definição dos objetos de estudo

Os objetos de estudo definidos para a aplicação da avaliação da sustentabilidade foram utilizados como objetos teóricos, sendo estabelecidos a partir do referencial teórico que menciona que os bairros são o ponto de partida para a criação de comunidades sustentáveis (SHARIFI e MURAYAMA, 2013) e, continuarão recebendo nos próximos anos um acréscimo populacional, principalmente em cidades de pequeno e médio porte (UNEP, 2012).

Dessa forma, optou-se pela avaliação de bairros existentes no município de Passo Fundo, considerado de médio porte, situado no estado do Rio Grande do Sul, pertencente à mesorregião do Noroeste Rio-Grandense, Microrregião de Passo Fundo (Figura 17a). A cidade apresenta uma subdivisão de 22 setores urbanos, instituídos pela Lei Complementar nº 143, de 21 de junho de 2005, compostos pelo conjunto de bairros, vilas e loteamentos (PMPF, 2005), representados na Figura 17b.

Figura 17a: Localização do município de Passo Fundo no Estado do Rio Grande do Sul

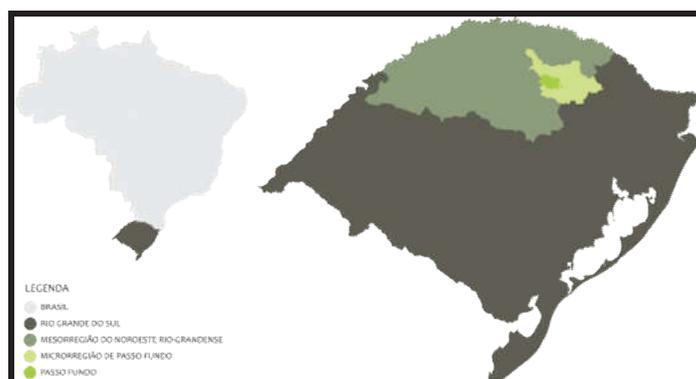
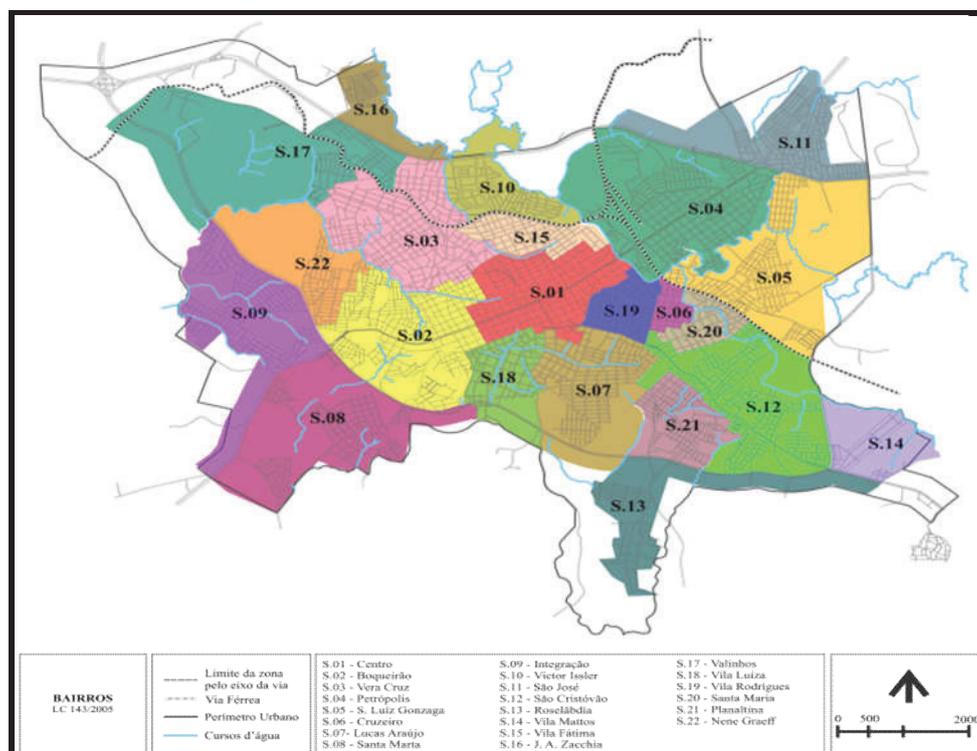


Figura 17b: Localização dos setores no município de Passo Fundo



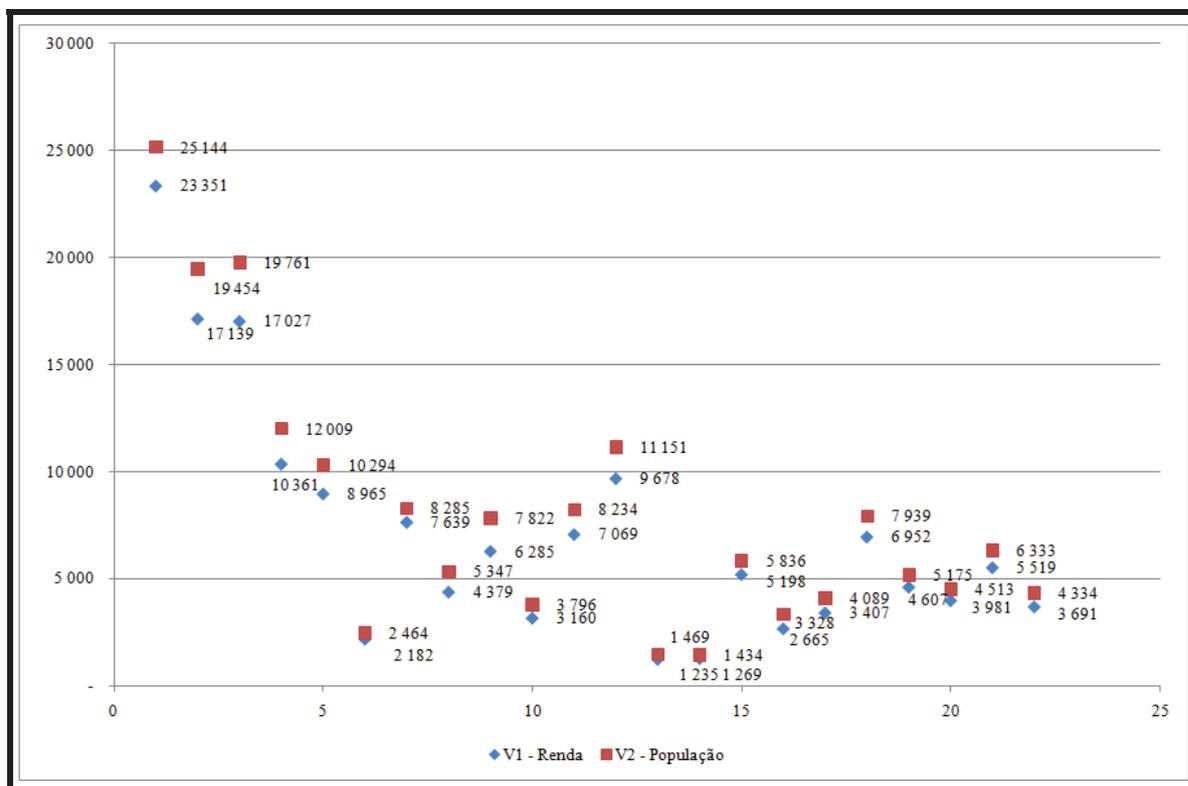
Fonte: Autora, 2017, com base PMPF (2005).

3.2.3.1.1 Análise de Cluster

A definição dos objetos de estudo foi realizada a partir de uma análise de cluster. A análise de cluster é uma abordagem de análise estatística multivariada, usada para “classificar objetos em grupos relativamente homogêneos” com base no conjunto de variáveis considerado (MALHOTRA, 2019, p. 532, 533). As variáveis consideradas para esta análise foram a renda e a população total dos setores, com base no Censo Demográfico de 2010 do IBGE, sendo V1 - renda e V2 - população, plotadas na

Figura 18. O diagrama de dispersão permite a visualização natural dos agrupamentos (MARÔCO, 2011).

Figura 18: Diagrama de dispersão dos 22 setores com base nas duas variáveis de agrupamento

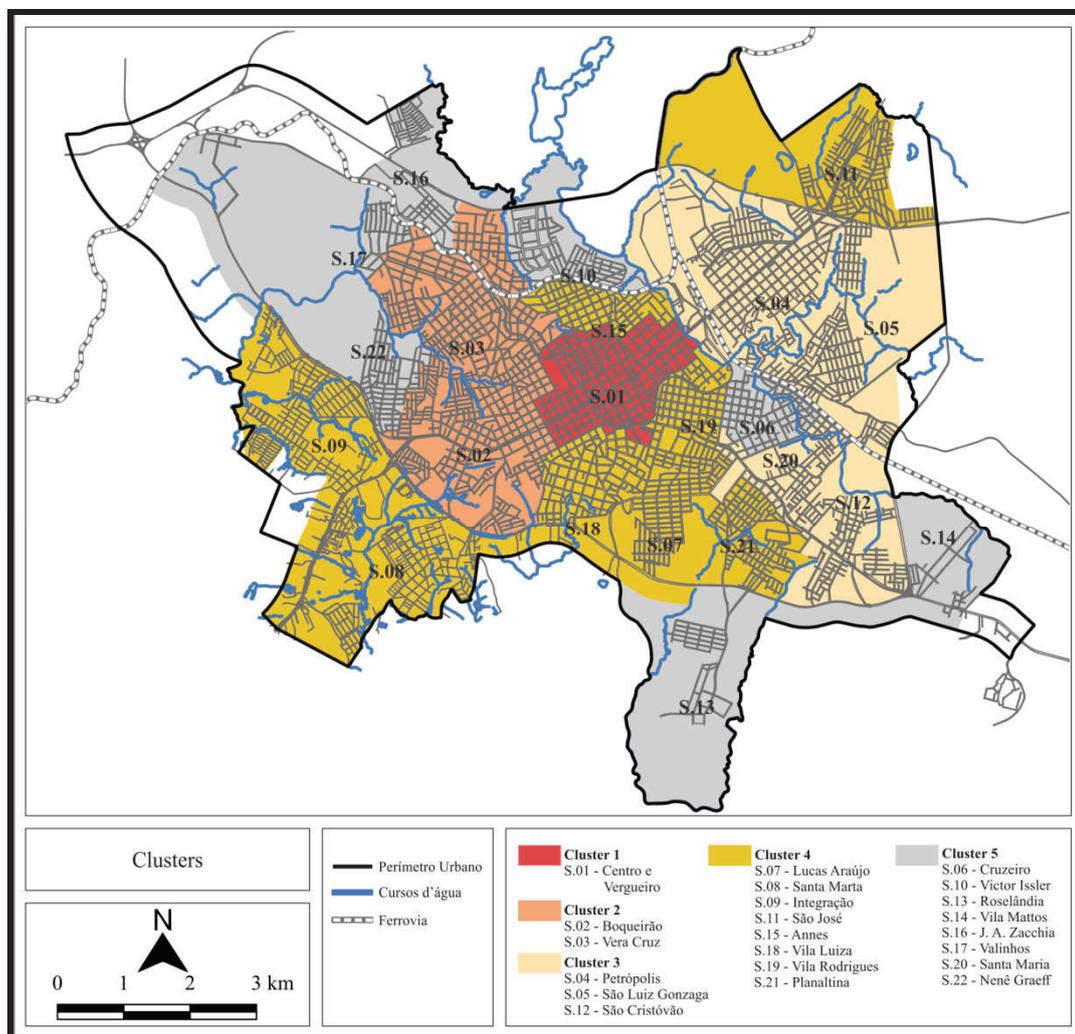


Fonte: Autora, 2019.

A análise utilizou o método hierárquico e não hierárquico como procedimento de partição. O agrupamento dos casos foi efetuado pela análise hierárquica com o método Ward, usando a distância euclidiana quadrada como medida de similaridade, após testadas outras alternativas, detalhadas no Apêndice C.

Para a definição do número de clusters retidos utilizou-se o critério do R-Quadrado, descrito em Marôco (2011) como uma medida da variabilidade retida em cada uma das soluções dos clusters. Por este critério foram retidos 5 Clusters com 96% ($R-sq = 0,9637$) de explicação da variância total. A classificação dos casos retidos foi refinada pelo método K-means, com $K=5$, cuja distribuição dos casos está expressa na Figura 19.

Figura 19: Formação dos clusters



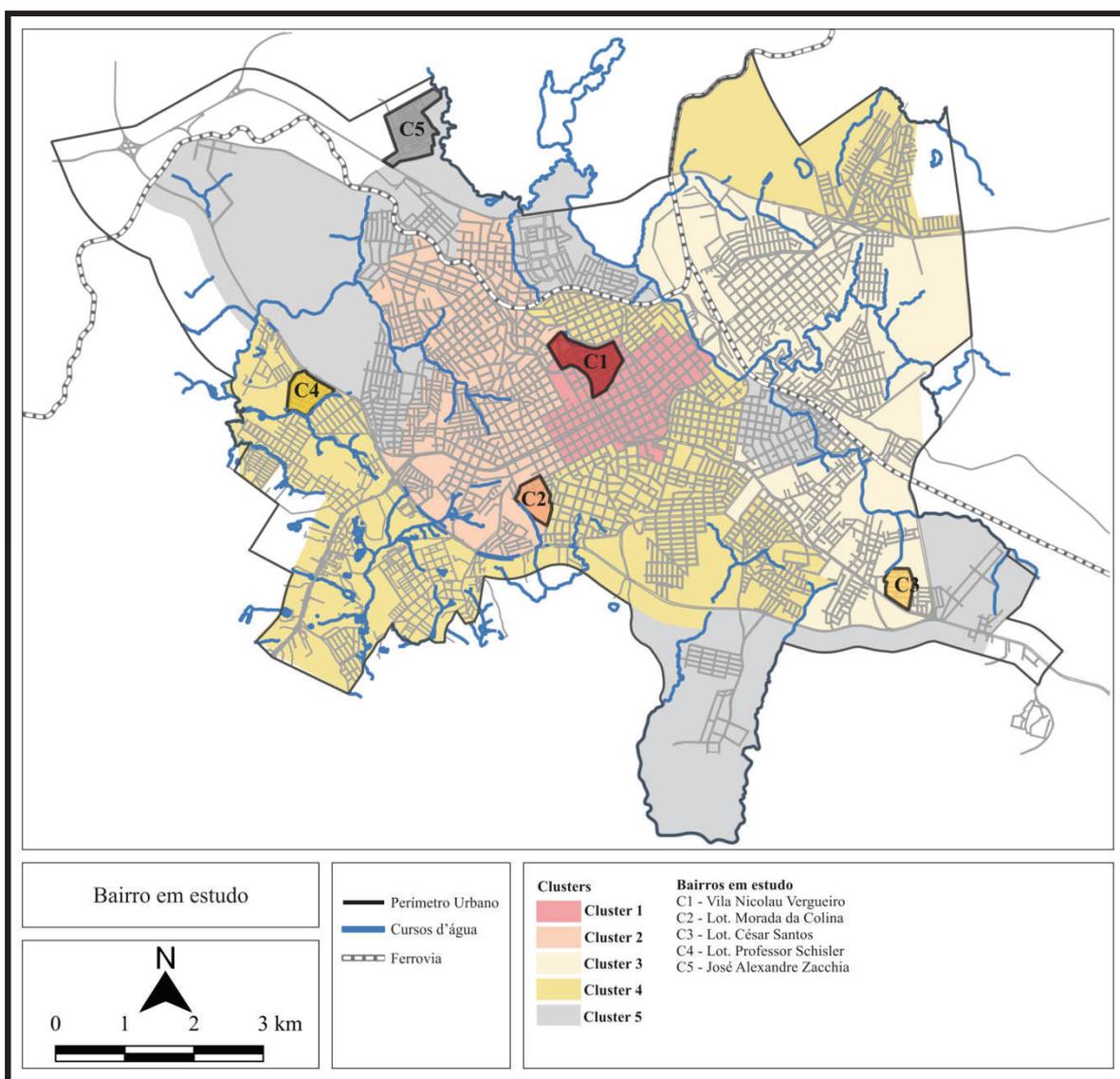
Fonte: Autora, 2019.

Para identificar quais as variáveis com maior importância nos cinco clusters retidos procedeu-se a análise da estatística F da ANOVA dos clusters, conforme indicado por Marôco (2011). Após a análise, a variável V1 – Renda obteve o maior valor e os clusters foram nomeados conforme a renda: alta, média alta, média, média baixa e baixa, respectivamente.

Ao término da formação dos clusters, os bairros foram numerados em ordem crescente de 1 a 120, e após separados por clusters, como consta no Quadro 2929 (Apêndice C). Em seguida foi confeccionada uma tabela de números aleatórios sem repetição no Excel para a realização do sorteio dos bairros.

Como a análise de cluster possui como objetivo classificar objetos relativamente homogêneos, optou-se por sortear um bairro de cada cluster formado para realizar a aplicação do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro. Dessa forma, os bairros sorteados foram: Bairro Vergueiro (2), Loteamento Morada da Colina (7), Loteamento César Santos (67), Loteamento Professor Schisler (56) e Bairro José Alexandre Zacchia (87), ilustrados na Figura 20.

Figura 20: Bairros sorteados para aplicação do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro

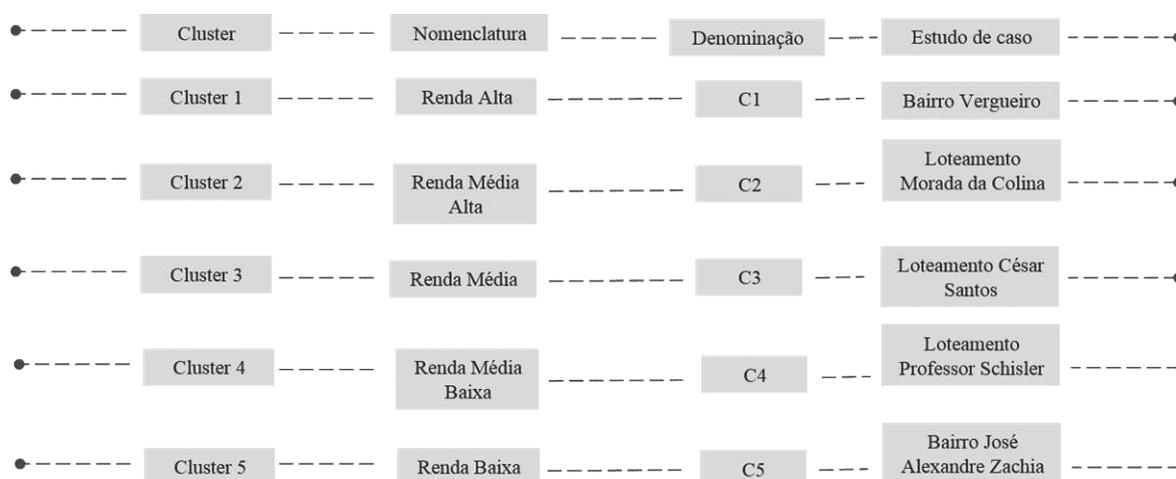


Fonte: Autora, 2019.

3.2.3.1.2 Perfil geral dos estudos de caso

Esta etapa apresenta o perfil geral dos estudos de caso. Com base na análise de cluster que determinou cinco agrupamentos, os estudos de caso que representam cada cluster, bem como as nomenclaturas e denominações estão ilustrados na Figura 21. Os perfis dos estudos de caso foram baseados no levantamento de campo realizado no ano de 2020, conjuntamente com o mapeamento geofeccionado do município de Passo Fundo, utilizando o software QGis 3.12. Ambos permitiram totalizar o quantitativo de imóveis e residências, bem como determinar as áreas totais dos bairros e das superfícies edificadas. A população total dos bairros foi estimada considerando 3,5 habitantes por unidade residencial nos bairros, exceto no bairro José Alexandre Zachia considerado 4 habitantes por unidade. A estimativa foi aplicada após ser constatado no levantamento de campo divergências com os dados do censo demográfico do IBGE do ano de 2010, em virtude do espaço temporal de 10 anos.

Figura 21: Estudos de caso e seus respectivos clusters



Fonte: Autora, 2020.

A Tabela 1 mostra as características gerais dos cinco estudos de caso. A área dos bairros é determinada por seus limites definidos pela Lei Complementar nº 143/2005 (PMPF, 2005). Os resultados demonstram que o estudo de caso C5 apresenta a maior área territorial, bem como maior densidade populacional. O estudo de caso C3 possui menor área e o estudo C2 apresenta menor densidade populacional. Com relação ao total de superfícies edificadas o estudo C1 lidera comparado aos demais estudos apresentados, em

virtude de concentrar a maior quantidade de construções em altura. Os resultados relacionados as áreas (ha e m²) foram apurados utilizando o software QGIS 3.12.

Tabela 1: Descrição geral das áreas de estudo de caso

Estudo de caso	Área (ha)	População	Densidade populacional (ha)	Total de residências	Total de imóveis	Total de superfícies edificadas (m ²)
C1: Bairro Vergueiro	47,27	3.154	66,72	901	1.019	291.128,15
C2: Loteamento Morada da Colina	22,87	896	39,17	256	273	70.168,63
C3: Loteamento César Santos	18,57	1.186	63,86	339	359	56.060,65
C4: Loteamento Professor Schisler	26,13	1.582	60,54	452	495	53.005,55
C5: Bairro José Alexandre Zacchia	52,41	5.572	106,31	1.393	1.448	140.039,46

Fonte: Autora, 2020.

3.2.3.1.3 Apresentação dos estudos de caso

A) Estudo de caso 1 (C1): Bairro Vergueiro

O primeiro estudo de caso (C1) é o bairro Vergueiro, localizado no entorno da área central da cidade, iniciou sua ocupação na década de 1940, destinada à alta renda. É um bairro predominantemente residencial (Figura 22), com uma pequena concentração de edifícios de uso misto ao longo da Avenida Sete de Setembro e Rua Uruguai, ruas que delimitam o bairro na porção oeste e com o centro. Os estabelecimentos comerciais e alguns serviços se localizam nas ruas limítrofes. Os equipamentos educacionais são: uma escola de ensino fundamental, duas escolas particulares de ensino infantil, estabelecimento de saúde, o Hospital Prontoclínica. Os serviços que se distribuem no bairro se relacionam a restaurantes, salões de beleza, clínicas, centro de estética e escritórios de advocacia. Para lazer, o bairro conta com o Clube Comercial, um centro de esportes e o parque do banhado da Vergueiro, onde se localiza a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, mantida pelo poder público municipal.

Quanto à infraestrutura urbana, o bairro é servido por coleta e tratamento de esgoto pela rede pública, possui arborização em grande parte das vias internas e conectividade externa com a cidade. O entorno do bairro é atendido por algumas linhas de transporte coletivo urbano.

Figura 22: Bairro Vergueiro



Fonte: Autora, 2020.

B) Estudo de caso 2 (C2): Loteamento Morada da Colina

O loteamento Morada da Colina integra o segundo estudo de caso (C2). A ocupação iniciou em meados da década de 1990, está localizado a 2 km do centro da cidade, em uma área majoritariamente de residências unifamiliares (Figura 23). Não possui construções em altura, os serviços observados foram salão de beleza e oficinas mecânicas; os estabelecimentos comerciais: padaria e mini-mercado. Possui uma escola de educação infantil, instalada no ano de 2020, uma praça e uma zona de proteção de mata nativa. A praça é cercada e praticamente não é utilizada pelos moradores. O bairro é atendido por uma única linha de ônibus, possui conectividade externa com a cidade, não possui coleta de esgoto por rede pública, o sistema utilizado é fossa, filtro, sumidouro. A arborização urbana é escassa.

Figura 23: Loteamento Morada da Colina



Fonte: Autora, 2020.

C) Estudo de caso 3 (C3): Loteamento César Santos

O terceiro estudo de caso (C3) é o loteamento César Santos, localizado a 5 km da área central da cidade, com ocupação iniciada na década de 1980-1989, em virtude da implantação de indústrias e frigoríficos, ocasionando o desenvolvimento da área sudeste da cidade. O bairro conta com praçinha, escola de ensino fundamental e sede da associação de moradores. A conectividade externa apresenta deficiências, o acesso principal é realizado pela Avenida Presidente Vargas, possui outros três acessos aos bairros vizinhos, possui muitas vias sem saídas. Possui ocupação irregular com algumas residências próximas à escola (Figura 24).

Figura 24: Loteamento César Santos



Fonte: Autora, 2020.

Os estabelecimentos comerciais identificados foram mini-mercado, bar, loja de confecções e bazar, distribuidora de produtos. Prestação de serviço de empresa de corte a laser. O bairro é atendido por uma única linha de ônibus, não possui rede pública de coleta de esgoto, sistema do esgotamento é fossa, filtro, sumidouro. A arborização urbana se concentra no canteiro central na Avenida Jornalista Múcio de Castro.

D) Estudo de caso 4 (C4): Loteamento Professor Schisler

O loteamento Professor Schisler é o quarto estudo de caso (C4), localizado a 6 km do centro da cidade, iniciou a ocupação na década de 1980 (Figura 25). Desde a fase inicial de sua ocupação até a atualidade passou por investimentos públicos na infraestrutura urbana e oferta de equipamentos públicos. O bairro conta com escola de ensino fundamental e educação infantil, unidade básica de saúde, os dois últimos equipamentos

implementados na última década 2010-2020. É integrante do setor 8 – Integração, juntamente, com o setor 9 – Santa Martha compreendem os vetores de expansão urbana da cidade, conferido pelo poder público municipal como áreas prioritárias de ocupação e adensamento. Nesse sentido, apresentou intensa ocupação nos últimos anos, e observaram-se residências unifamiliares, geminadas e edifícios multifamiliares de até quatro pavimentos.

Figura 25: Loteamento Professor Schisler



Fonte: Autora, 2020.

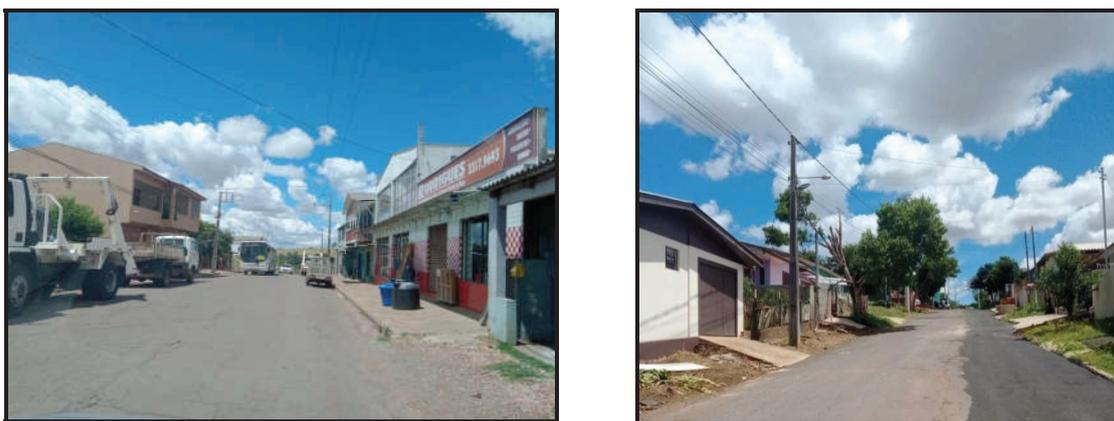
Os estabelecimentos comerciais compreendem mini-mercado, fruteira, lancheria, vidraçaria, restaurante, distribuidora de gás de cozinha. Os serviços encontrados foram oficinas mecânicas, salão de beleza e barbearia. Há uma concentração de pavilhões comerciais voltada à rodovia RS 153. Possui vários templos religiosos. A conectividade externa se dá pelo único acesso na Avenida Dona Sirlei a partir da rodovia RS 153, dificultando a transposição do bairro ao restante da cidade. O bairro é atendido por uma única linha de ônibus, não possui coleta de esgoto por rede pública, o sistema utilizado é fossa, filtro, sumidouro. Esta área possui uma rede de esgoto não-operante, que possui projeções para futura ligação no ano de 2021. A arborização urbana é escassa.

E) Estudo de caso 5 (C5): Bairro José Alexandre Zacchia

O quinto estudo de caso (C5) é o bairro José Alexandre Zacchia implantado em 1984, às margens BR 285, na porção noroeste da cidade, distante 7 km do centro. Inicialmente, implantado em área rural, incorporado ao perímetro urbano da cidade no Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de 2006 (Figura 26). O bairro fazia parte do

Programa de Erradicação da Subhabitação (PROMORAR), implementado pela Companhia de Habitação Popular (COHAB), com projeto padrão, de um banheiro e um cômodo, chamado de embrião, com área mínima de 18 a 20m². Em meios de quadra o embrião era geminado, resultando em alguns exemplares permanecerem geminados, porém ampliados. As ampliações foram realizadas no formato de auto-construção, evidenciando a fragilidade construtiva e de salubridade das residências. Observa-se uma ocupação intensiva dos lotes, geralmente com duas residências. O bairro possui três ocupações irregulares, uma localizada no traçado original do bairro, onde a área era destinada à rede de energia elétrica, as demais no entorno imediato, em área da Companhia RioGrandense de Saneamento – CORSAN e terreno particular, desapropriado e adquirido pelo poder público municipal para posterior regularização fundiária.

Figura 26: Bairro José Alexandre Zacchia



Fonte: Autora, 2020.

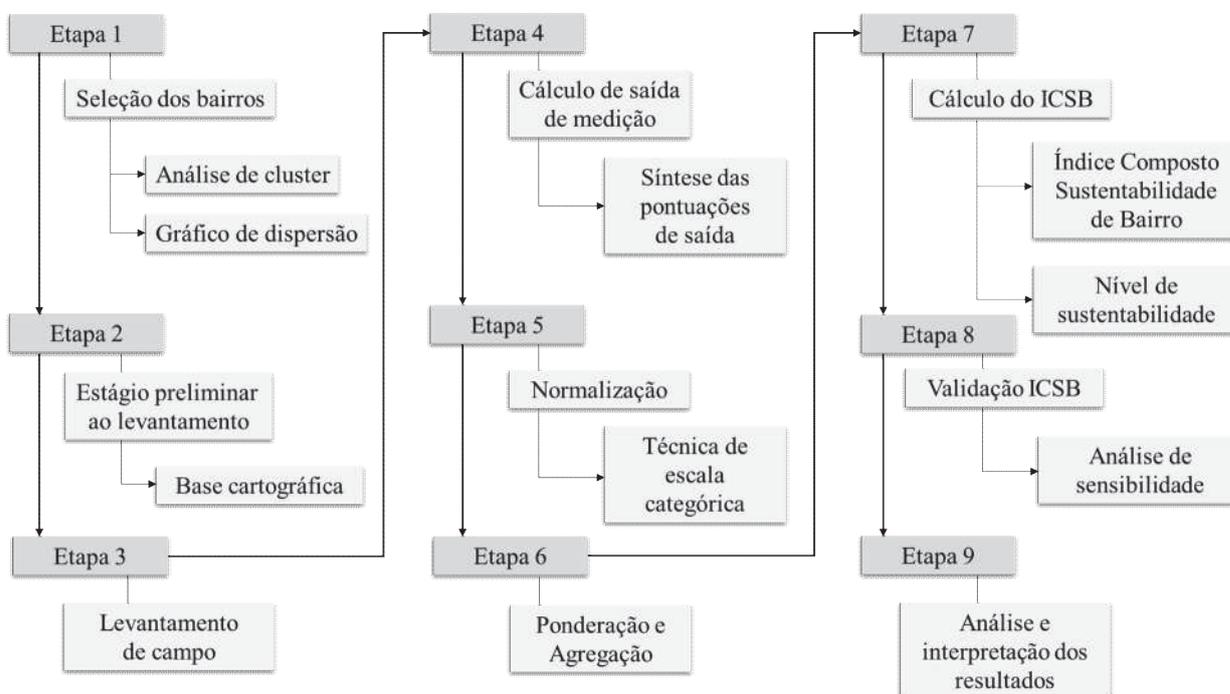
O bairro conta com uma escola de ensino fundamental, escola de educação infantil, unidade básica de saúde, centro de atendimento de crianças e jovens, biblioteca comunitária, capela mortuária, associação de moradores, templos religiosos e pracinha. Os estabelecimentos comerciais identificados foram: mini-mercados, fruteira, padarias, lojas de materiais de construção, bares, confecção, bazar e local para eventos. Os serviços identificados foram salão de beleza, barbearia, borracharia e conserto de eletrônicos. Uma única linha de transporte coletivo urbano realiza a conexão do bairro à cidade. A conectividade externa possui deficiências, pois o acesso é único pela Rua Francisco Dal'Conte e a rodovia BR 285 se torna uma barreira de transposição entre o bairro e o restante da cidade. Não há rede de coleta pública de esgoto, o sistema utilizado é o

sumidouro e em alguns pontos das ocupações irregulares, a céu aberto. A arborização urbana se concentra em algumas vias e inexistente em outras.

3.2.3.2 Fase 3.2: Aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro e o cálculo do ICSB

A estrutura desenvolvida nesta pesquisa (Figura 27) foi aplicada em cinco estudos de caso, identificados após a realização de uma análise de cluster. Para a avaliação seguiram-se os procedimentos metodológicos da operacionalização e formação do índice composto de sustentabilidade de bairro (ICSB) e os índices por categorias IASB, IESB, ISBS e IISB. Para facilitar a aplicabilidade da estrutura desenvolvida foi elaborado um manual de aplicação (Apêndice H). O manual apresenta todas as etapas para aplicação e cálculo do ICSB, com uma linguagem clara e acessível.

Figura 27: Procedimento para aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro existente



Fonte: Autora, 2020.

3.2.3.2.1 Operacionalização da avaliação

A operacionalização da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro se divide em três subfases: a) levantamento das informações, b) realização do cálculo e c) análise e interpretação dos resultados.

A) Levantamento das informações

Para o levantamento das informações se fez necessário inserir a base cartográfica da cidade de Passo Fundo no QGis 3.12. A partir da interpretação visual da imagem de satélite foram traçados polígonos em torno de todos os objetos reconhecidos. Com a finalização dos mapas se procedeu a visita in-loco para a coleta das informações.

Na visita in-loco as seguintes informações foram coletadas: uso do solo, número de pavimentos das construções, tipologia habitacional, localização das árvores no passeio público com o porte, marcação das paradas de ônibus, identificação dos equipamentos públicos, tais como: escolas (nível de ensino), unidades de saúde e espaços verdes (tipo do espaço). Todas as informações coletadas in-loco foram inseridas no QGis 3.12 para seguir com os procedimentos dos cálculos.

B) Realização do cálculo

Foram compiladas a área total do bairro, superfícies edificadas totais, superfícies não residenciais, área total das quadras, área de projeção total, área dos edifícios públicos, extensão das vias que possuem arborização para o cálculo do índice. Outras informações foram obtidas junto aos órgãos responsáveis, tais como: kwh dos edifícios públicos, rede pública de esgoto e domicílios ligados à internet.

Com todas as informações compiladas, utilizando os procedimentos metodológicos dos indicadores (Apêndice B) se procedeu o cálculo do índice conforme os passos das fases 2.4 e 2.5 descritos anteriormente nesta pesquisa.

C) Análise e interpretação dos resultados

Após a realização dos cálculos e procedimentos de validação, o índice foi obtido e inserido em uma escala de classificação para verificação do nível de sustentabilidade. Com esta classificação foi possível verificar como o bairro se encontra em relação à sustentabilidade, a partir da estrutura proposta, bem como identificar os indicadores que necessitam gerenciamento para que seja possível melhorar a sustentabilidade do bairro.

4 RESULTADOS

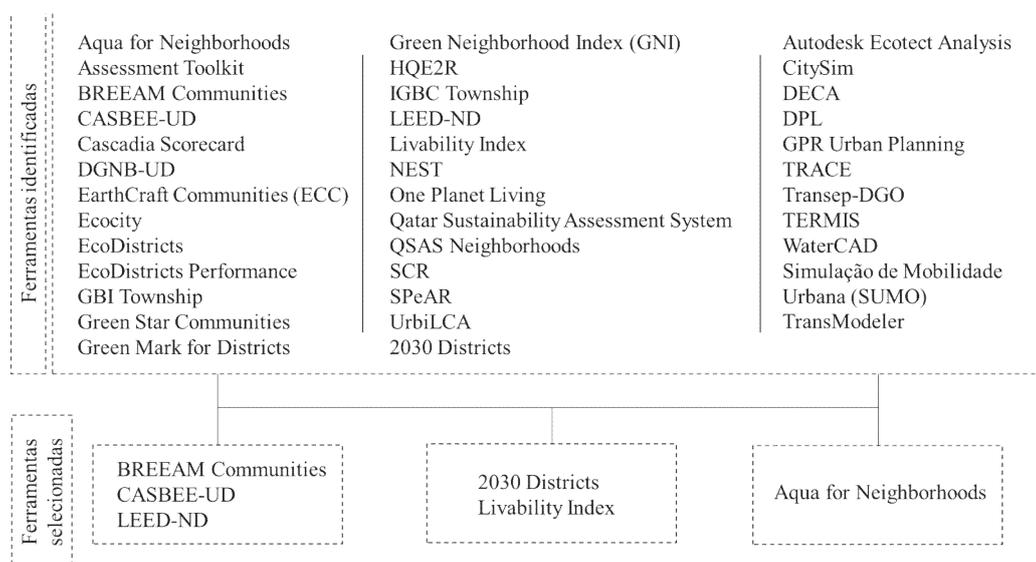
Este capítulo apresenta os resultados do presente trabalho. Primeiramente, foram identificados os indicadores potenciais para avaliação de sustentabilidade de bairro e inseridos na estrutura de avaliação. Em seguida, a análise de componentes principais identifica os indicadores que refletem as principais contribuições entre os objetivos da sustentabilidade. Os indicadores relevantes compõem o índice composto de sustentabilidade de bairro (ICSB) e os índices por categoria de sustentabilidade (IASB, IESB, ISBS e IISB) aplicados em bairros existentes selecionados. Por fim, se estabelece e analisa qual o nível de sustentabilidade dos bairros analisados.

4.1 Identificação de indicadores potenciais para avaliação de sustentabilidade de bairro

4.1.1 Seleção das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

A revisão sistemática da literatura permitiu identificar 37 ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro, apresentadas na Figura 28. Os critérios de seleção utilizados foram: ferramentas com maior relevância em âmbito internacional na bibliografia analisada, ferramentas específicas para bairros existentes e ferramentas utilizadas no contexto brasileiro.

Figura 28: Identificação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro



Fonte: Autora, 2018.

As ferramentas selecionadas foram: BREEAM Communities, CASBEE-UD e LEED-ND com base em sua aplicação internacional; Aqua for Neighborhoods, baseado na ferramenta francesa démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) e no processo HQE™ - Aménagement adaptado ao contexto brasileiro; e 2030 Distritos e Livability Index destinadas a avaliar bairros existentes. As ferramentas foram apresentadas no item 2.5.1 do Capítulo 2.

4.1.2 Comparação dos indicadores das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

4.1.2.1 Categorização das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro

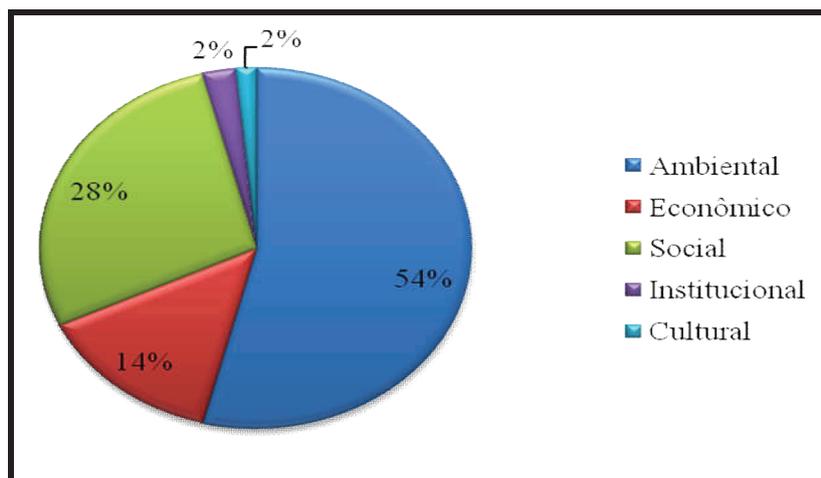
Com o intuito de realizar a comparação dos indicadores das ferramentas selecionadas, se fez necessário estabelecer uma estrutura comum à medida que cada ferramenta utiliza um sistema de classificação diferente e uma nomenclatura distinta. Para tanto, estudos que se debruçaram à comparação de ferramentas de sustentabilidade foram revisados com ênfase na comparação baseada em temas. Os estudos revisados, mencionados no Quadro 22, desenvolveram categorias para realizar suas análises, apresentadas no item 2.5.3 Comparação das ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro no Capítulo 2. As categorias propostas nestes estudos foram dispostas nas quatro dimensões da sustentabilidade. Para a disposição das categorias nas respectivas dimensões foram observados os critérios mencionados em cada estudo, com os respectivos percentuais apresentados na Figura 29.

Quadro 22: Categorização a partir das ferramentas analisadas

Dimensão	HAPPIO (2012)	BERARDI (2013)	SHARIFI; MURAYAMA (2013)	REITH; OROVA (2015)	KOMEILY; SRINIVASAN (2015)	BRAULIO-GONZALO; BOVEA; RUÁ(2015)	YILDIZ <i>et al.</i> (2016)	AMEEN; MOURSHED; LI (2015)
Ambiental	Ecologia Recursos e energia Infraestrutura Localização	Ecologia Energia e recursos Terra sustentável Localização	Recursos e meio ambiente Localização e seleção de sítios Padrão e projeto	Ecologia Energia Recursos Infraestrutura Localização Edifícios	Ambiente, ecologia e eficiência de recursos Localização e seleção sítio Infraestrutura e projeto	Natureza e biodiversidade Água Energia Resíduos Poluição Materiais Sítio e solo Morfologia urbana Construção e Habitação	Meio ambiente e uso do solo Recursos e energia Projeto e gestão	Ecologia Qualidade da água Recursos e energia Qualidade do ar e emissões Edifício sustentável Uso do solo e infraestrutura Gerenciamento de materiais Gestão de resíduos Perigo
Econômica	Negócio, economia e emprego	Oportunidade econômica	Economia Inovação	Economia	Qualidade econômica	Aspectos econômicos Inovação	Desenvolvimento econômico	Impacto econômico Negócios, investimento e emprego Segurança Serviços Transporte / acessibilidade Espaço urbano Governança e envolvimento da comunidade Operação e conservação a longo prazo Áreas ao ar livre Design compatível com meio ambiente Flexibilidade e inovação
Social	Transporte Bem-estar	Transporte Bem-estar	Transporte social	Transporte Comunidade	Qualidade sociocultural Transporte	Mobilidade e transporte Aspectos sociais	Desenvolvimento social Transporte	
Institucional					Institucional	Gestão e instituição		
Cultural								Comunidade local cultural e patrimonial

Fonte: Autora, 2018, com base nos autores referenciados, tradução nossa.

Figura 29: Percentual da categorização nas dimensões da sustentabilidade



Fonte: Autora, 2019.

Observa-se que o maior percentual se concentra na dimensão ambiental, refletindo de certa forma a maior quantidade de indicadores nessa área presentes nas ferramentas de avaliação, seguido da dimensão social e econômica. E com percentuais inexpressivos na dimensão institucional e cultural. A seguir serão abordados os critérios considerados nos estudos por dimensão da sustentabilidade.

A dimensão ambiental detentora do maior percentual de categorias, conseqüentemente de indicadores, apresentam algumas categorias que se repetem nas proposições dos estudos (Quadro 22), no entanto, possuem critérios diferentes para a inclusão dos indicadores.

A categoria Ecologia presente em 50% dos estudos inclui os seguintes critérios: natureza, gestão da água (HAPPIO, 2012), biodiversidade (BERARDI, 2013; HAPPIO, 2012), solo e vegetação (REITH; OROVA, 2015). Ameen, Mourshed e Li (2015, p. 120) nesta categoria incluem: demografia, microclima, estratégias e monitoramento ecológicos, paisagem e distribuição de espaços verdes, redução de ilhas de calor, desertificação e sombreamento.

A categoria Localização integrante em 63% dos estudos inclui: uso do solo (BERARDI, 2013; HAPPIO, 2012), política e governança, habitação a preços acessíveis (HAPPIO, 2012); redução da expansão (BERARDI, 2013); características da escala urbana nos desenvolvimentos e suas relações com o entorno (REITH; OROVA, 2015).

Os recursos e energia presentes em 50% na dimensão ambiental relacionam o gerenciamento de resíduos, uso e seleção de materiais (BERARDI, 2013; HAPPIO, 2012; YILDIZ, *et al.*, 2016), conservação, recursos renováveis e não renováveis

(AMEEN; MOURSHED; LI, 2015; HAPPIO, 2012); produção de energia e eficiência (BERARDI, 2013); proteção (YILDIZ, *et al.*, 2016). Nesta categoria Ameen, Mourshed e Li (2015, p. 120) incluem: estratégias e gerenciamento de energia, energia de construção e de infraestrutura, energia elétrica, solar, eólico e outros, economia de energia, monitoramento e desempenho.

Em 50% dos estudos a categoria Infraestrutura contempla os seguintes critérios: princípios de projeto e ilhas de calor (HAPPIO, 2012; KOMEILY; SRINIVASAN, 2015), comunidades, edifícios na área, política e governança (HAPPIO, 2012); estradas e edifícios de serviços (REITH; OROVA, 2015); uso misto (AMEEN; MOURSHED; LI, 2015; KOMEILY; SRINIVASAN, 2015), desenvolvimento compacto, infraestruturas verdes (KOMEILY; SRINIVASAN, 2015). Funções de relacionamento, uso do solo, redes de infraestrutura, reabilitação de áreas urbanas, remediação e construção ambiental são considerados por Ameen, Mourshed e Li (2015, p. 120) na categoria Uso do solo e infraestrutura.

Na dimensão social as categorias se relacionam aos indicadores que medem a qualidade de vida, envolvimento da comunidade, infraestrutura social, habitação a preços acessíveis, educação, saúde, segurança, espaços públicos, mobilidade e transporte. Com relação à categoria transporte os estudos mencionam transporte público, pedestre, bicicleta, carros particulares, estacionamento e acessibilidade. A dimensão econômica contempla oportunidade de emprego, empresas locais, investimentos, negócios, taxas de emprego e qualidade do emprego.

A dimensão institucional como mencionado anteriormente, não é contemplada nas ferramentas de avaliação, sendo incluída nos estudos de Komeily e Srinivasan (2015) e Braulio-Gonzalo, Bovea e Ruá (2015). A dimensão cultural é defendida na proposta de Ameen, Mourshed e Li (2015) e contempla inclusão social e comunidade local, práticas culturais, histórico e identificação cultural e patrimonial, uso de bens culturais e naturais, conservação e formação de infraestrutura social.

Após a realização da análise percebe-se que algumas categorias abrangem critérios que constam em outras categorias e até mesmo em outra dimensão, como por exemplo: política e governança aparece na categoria infraestrutura no estudo de Happio (2012) e na categoria projeto e gestão (YILDIZ, *et al.*, 2016), mas ambas permanecem na dimensão ambiental. O critério habitações a preços acessíveis, que em Happio (2012) integra localização – dimensão ambiental. Em Sharifi e Murayama (2013) consta na

categoria Transporte social e em Braulio-Gonzalo, Bovea e Ruá (2015) na categoria Aspectos sociais, ambos na dimensão social.

Algumas categorias analisadas contêm muitos critérios, como cada categoria integra apenas uma dimensão foi considerado na distribuição o maior número de critérios pertencentes à dimensão. Como exemplo a categoria Qualidade sociocultural de Komeily e Srinivasan (2015) que inclui segurança, bem-estar, qualidade de vida, moradias populares, comunidades inclusivas, redes sociais, patrimônio, emissões sonoras e infraestrutura, sendo que os dois últimos critérios poderiam ser incluídos na dimensão ambiental. No entanto, como os demais critérios são pertencentes à dimensão social, a respectiva categoria foi considerada social.

4.1.2.2 Re-categorização para inclusão e comparação dos indicadores

A fim de comparar o conteúdo das ferramentas de avaliação, os indicadores foram reorganizados em subcategorias de avaliação, a partir dos achados da revisão sistemática de literatura. Segundo Komeily e Srinivasan (2015, p. 35) “re-categorizar é crucial para fazer uma análise comparativa eficaz entre essas ferramentas”. Para tanto, foram definidas vinte subcategorias para melhor estruturar os indicadores, distribuídas nos domínios de sustentabilidade, com seus respectivos objetivos (

Quadro 23).

Quadro 23: Subcategorias e seus respectivos objetivos

Categories	Subcategorias	Objetivos
Ambiental	Água	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evitar a perda na distribuição de água potável ▪ Promover a regularidade no abastecimento de água
	Edifícios sustentáveis	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover reuso de edificações existentes ▪ Incentivar a inclusão de mecanismos de redução de consumo de água e energia nos edifícios existentes ▪ Garantir diversidade de moradias de acordo com tamanho e perfil do ocupante ▪ Incentivar a construção de edifícios com eficiência energética
	Energia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incentivar a produção local e redução no consumo de energia ▪ Implementar o uso de energia renovável ▪ Reduzir o consumo de recursos energéticos não-renováveis
	Forma urbana	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzir expansão urbana ▪ Incentivar desenvolvimento compacto ▪ Mitigar ilhas de calor urbano ▪ Incentivar o uso misto e o uso eficiente do solo ▪ Promover espaços urbanos que utilizem as condições microclimáticas do local (luz solar, iluminação e ventilação) ▪ Promover uma paisagem de qualidade ▪ Conter a ocupação irregular em áreas de risco

Categorias	Subcategorias	Objetivos
Ambiental	Infraestrutura urbana	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover a gestão das águas pluviais e efluentes ▪ Implementar infraestrutura verde ▪ Implementar redes de telecomunicações ▪ Promover rede viária segura e compatível com a demanda ▪ Incentivar passeio público acessível e rede de ciclovias ▪ Promover tratamento de esgoto
	Materiais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incentivar a utilização de materiais locais e o reuso de materiais ▪ Utilizar materiais de baixo impacto ambiental considerando seu ciclo de vida
	Meio ambiente e biodiversidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover a conservação de recursos naturais e hídricos ▪ Conservar a biodiversidade de espécies ▪ Impedir destruição do habitat natural da fauna e da flora ▪ Conservar áreas de preservação permanente e cursos d'água ▪ Incentivar produção própria de alimentos orgânicos
	Poluição	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevenir a poluição do solo, acústica, luminosa e atmosférica
	Resíduos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Minimizar a produção de resíduos sólidos urbanos e resíduos de construção e demolição ▪ Implementar reciclagem de resíduos sólidos urbanos ▪ Minimizar a produção de resíduos perigosos
Econômica	Economia e Negócios	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incentivar comercialização de produtores e produtos locais ▪ Promover acesso à lojas, mercados, estabelecimentos de uso diário ▪ Habitação a preços acessíveis / aluguel social ▪ Incentivar a abertura de novos negócios
	Empregos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gerar oportunidades e diversidade de empregos
Social	Cultura e patrimônio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Facilitar acesso aos equipamentos culturais ▪ Promover conservação de edificações históricas ▪ Incentivar o resgate histórico-cultural do bairro
	Comunidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permitir a participação cidadã ▪ Incentivar a formação de grupos comunitários ▪ Promover a diversidade multigeracional ▪ Despertar a consciência socioambiental
	Espaço urbano	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permitir acesso aos espaços públicos ▪ Incentivar espaços públicos flexíveis, versáteis e inclusivos
	Habitação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover a diversidade de habitação com unidades acessíveis ▪ Promover habitação de interesse social
	Mobilidade urbana	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incentivar a conectividade com os modais ▪ Reduzir deslocamentos de veículos particulares ▪ Reduzir áreas de estacionamento
	Segurança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover espaços seguros ▪ Prevenir o crime ▪ Fortalecer a segurança pública ▪ Avaliar riscos de inundação e deslizamentos
Institucional	Governança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permitir acesso à educação ▪ Promover acesso à saúde ▪ Permitir acesso à tecnologia da informação e comunicação
	Inovação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fortalecer a participação das associações de moradores ▪ Incentivar que as associações de moradores formulem políticas públicas ▪ Promover pólos de integração entre bairros (educação, cultura, esporte, saúde) e redes compartilhadas (modais)
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Promover o acesso digital ▪ Fortalecer a inovação social

Fonte: Autora, 2019, a partir de AARP, 2018a; AMEEN; MOURSHED; LI, 2015; BERARDI, 2013; BRAULIO-GONZALO; BOVEA; RUÁ, 2015; BRE, 2013; 2030 DISTRICTS, 2016; FCAV, 2011a;

HAPPIO, 2012; IBEC, 2016; KOMEILY; SRINIVASAN, 2015; REITH; OROVA, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2013; USGBC, 2014, 2019; YILDIZ *et al.*, 2016.

Algumas subcategorias propostas se relacionam entre si e o seu nível de relação foi estabelecido como demonstra o Quadro 24. Por exemplo, a subcategoria Edifícios sustentáveis se relaciona com outras subcategorias uma vez que a sustentabilidade urbana implica a sustentabilidade nos edifícios que compõem o bairro. Em menor escala, a sustentabilidade é alcançada a partir de aspectos intrínsecos na construção como: água, energia, materiais, resíduos, poluição, juntamente com o aspecto social (BRAULIO-GONZALO; BOVEA; RUÁ, 2015).

Quadro 24: Nível de relação entre as vinte subcategorias propostas

Subcategorias	A	ES	E	FU	IU	M	MA	P	R	E/N	EMP	C/P	C	EU	H	MO	SEG	SER	G	I	
Água (A)																					
Edifícios Sustentáveis (ES)	■																				
Energia (E)	■	■																			
Forma Urbana (FU)	■	■	■																		
Infraestrutura urbana (IU)	■	■	■	■																	
Materiais (M)	■	■	■	■	■																
Meio Ambiente e biodiversidade (MA)	■	■	■	■	■	■															
Poluição (P)	■	■	■	■	■	■	■														
Resíduos (R)	■	■	■	■	■	■	■	■													
Economia e Negócios (E/N)	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Emprego (EMP)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
Cultura e patrimônio (C/P)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
Comunidade (C)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									
Espaço urbano (EU)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Habituação (H)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
Mobilidade urbana (MO)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Segurança (SEG)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Serviços (SER)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Governança (G)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Inovação (I)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Legenda: ■ Forte relação ■ Média relação □ Sem relação

Fonte: Autora, 2019.

A subcategoria Mobilidade urbana está diretamente relacionada à Forma urbana, pois a estrutura do bairro determina as distâncias que serão percorridas pelos moradores para acessar a escola, trabalho, saúde e compras. Apresentam correlação também com as subcategorias Serviços e Economia e Negócios.

A Forma urbana possui relação com a subcategoria Energia e Infraestrutura urbana, pois a implementação de uma rede verde favorece as reduções das ilhas de calor, e promove uma paisagem urbana com maior qualidade, promovendo o bem-estar das pessoas.

A Infraestrutura urbana ligada à categoria Segurança, com uma rede de iluminação pública eficiente (relação com a categoria Energia) os locais se tornam mais seguros. A Segurança pode ser relacionada à Forma urbana, com o incentivo do uso misto do solo. O uso misto também atrai novos negócios para a área, auxiliando na

dinamicidade da economia, relacionando a Forma urbana com as categorias da dimensão econômica.

A subcategoria Governança se relaciona com a Comunidade, no momento em que é o canal promotor do incentivo a participação. A subcategoria Comunidade se relaciona a categoria Resíduos no que concerne o despertar da consciência socioambiental para a implementação da reciclagem. Com a subcategoria Meio Ambiente e biodiversidade se relaciona ao cuidado com a conservação do habitat natural e das áreas de preservação permanente, relacionadas conjuntamente com a Forma urbana no entendimento de conter a ocupação irregular em áreas impróprias para instalação de moradias.

4.1.2.3 Análise comparativa dos indicadores das ferramentas

A análise comparativa dos indicadores visa selecionar diferentes práticas que utilizaram diferentes tipos de critérios e indicadores que podem levar ao compartilhamento de conhecimento entre muitas práticas para desenvolver novos planos e políticas de sustentabilidade urbana. Isto também ajudará a melhorar o processo de tomada de decisão, selecionando uma lista de indicadores abrangentes para o desenvolvimento de bairro.

Como os indicadores estão se tornando cada vez mais importantes como meio de comunicar informações aos tomadores de decisão e ao público de maneira direta e fácil de seguir (MOUSSIOPOULOS *et al.*, 2010), uma análise comparativa foi realizada para verificar os aspectos que as ferramentas de avaliação da sustentabilidade estão abordando.

Os indicadores de cada ferramenta foram distribuídos nas subcategorias mencionadas no

Quadro 23. Para essa distribuição foram observadas as denominações de cada indicador nos manuais das ferramentas para evitar equívocos. A Tabela 2 apresenta o resumo total de indicadores de cada ferramenta, os excluídos e a quantidade de itens que foram considerados na análise.

Tabela 2: Quantidade de itens nas ferramentas

Indicadores	Breem	CASBEE	LEED	ACQUA	2030	Livability	Total
Total Geral	40	18	59	71	3	40	231
Excluídos	1	0	10	10	0	8	29
Considerados	39	18	49	61	3	32	202

Fonte: Autora, 2019.

Conforme os dados da Tabela 2, as ferramentas analisadas totalizam 231 indicadores, destes 29 foram excluídos, sendo considerados para fins da análise um total de 202 indicadores. Ao considerar a definição de cada item alguns foram excluídos da análise por não estarem em consonância com o objetivo da proposta. Na ferramenta Breeam Communities foi excluído a Revisão de projeto relacionado à legislação do plano diretor.

No LEED-ND foram excluídos 10 critérios, sendo que cinco deles são repetidos, constam como obrigatórios e possuem créditos na avaliação, são eles: ruas caminháveis, desenvolvimento compacto, comunidade conectada e aberta, edifício verde certificado e redução do uso de água do interior. Os outros cinco excluídos se relacionam ao profissional acreditado LEED e os quatro créditos destinados à prioridade regional: região definida.

Na ferramenta Acqua Bairros e Loteamentos os excluídos se relacionam com a legislação no que concerne ao atendimento ao Código de obras local (coeficiente de impermeabilização e vazão de escoamento) e aceitação do bairro pelos moradores do entorno. Os indicadores relacionados à economia do projeto: planejamento financeiro, serviços do bairro e tempo de comercialização. E os relacionados com a inserção e formação: estimular a formalidade na cadeia produtiva da construção civil – produtos, canteiros de obras e operação e uso.

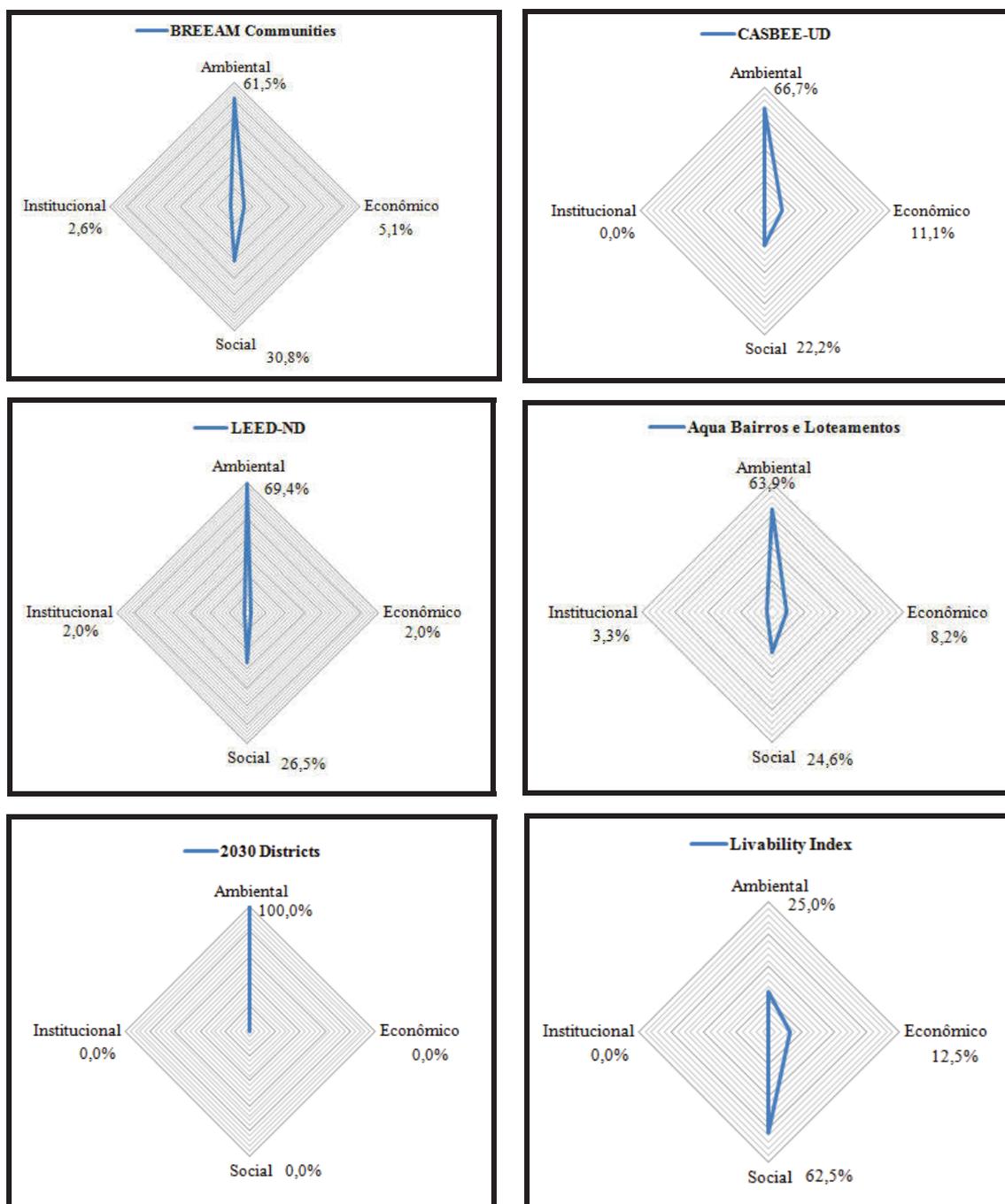
No Livability Index os não considerados se relacionam aos custos despendidos com habitação, alojamento e transporte, qualidade do ar regional, e os relacionados com a saúde: tabagismo, obesidade, taxa de hospitalização e satisfação do paciente.

4.1.2.3.1 Análise dos indicadores nas categorias de sustentabilidade

As ferramentas analisadas enfatizam as três dimensões de sustentabilidade inter-relacionadas e interconectadas: ambiental, social e econômico, com maior ênfase na dimensão ambiental, como se pode observar na Figura 30, em virtude de as ferramentas contemplarem o maior número de indicadores nas subcategorias desta dimensão. O resultado apresentado na Figura 30 é semelhante às análises de Ameen, Mourshed e Li (2015) e Reith e Orova (2015), ao verificarem as dimensões separadamente das três principais ferramentas de avaliação aplicadas em nível internacional: BREEAM

Communities, CASBEE-ND e LEED-ND, predominando percentuais na dimensão ambiental.

Figura 30: Categorias da sustentabilidade com base nos indicadores analisados



Fonte: Autora, 2019.

A dimensão institucional é pouco explorada nas ferramentas, com os menores percentuais, contrariando Sharifi e Murayama (2013) de que as ferramentas não abordam a sustentabilidade institucional. Os itens considerados nesta dimensão se referem às categorias Governança e Inovação. Na ferramenta BREEAM Communities

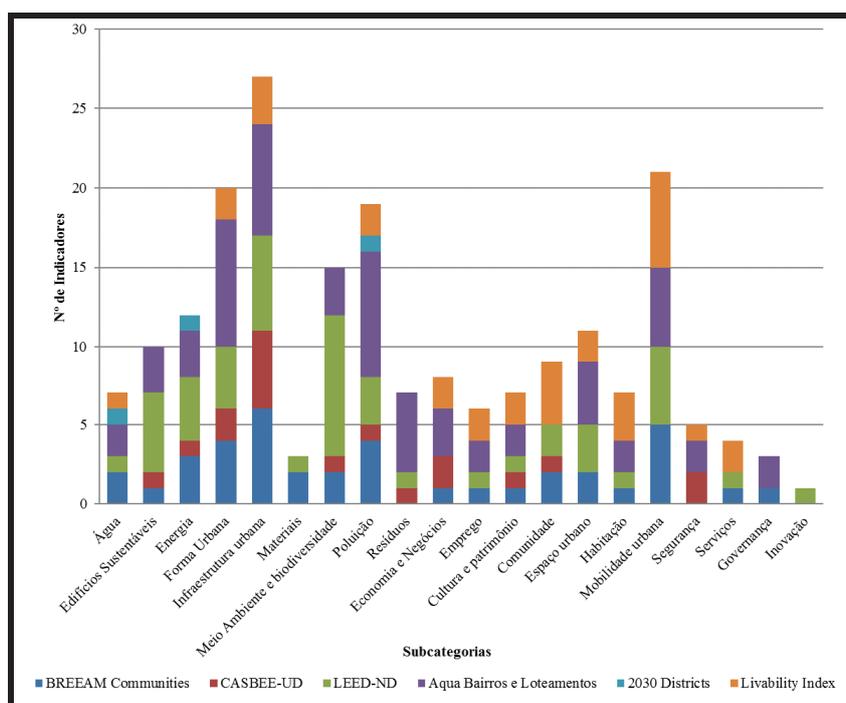
foi considerado o indicador Gestão comunitária de instalações que se refere ao apoio às comunidades. O LEED-ND pontua a inovação. Na ferramenta Acqua Bairros e Loteamentos nesta dimensão foram considerados os indicadores que proporcionam equipamentos compartilhados entre bairros. As demais ferramentas analisadas não apresentaram indicadores que pudessem ser inseridos nesta dimensão.

As ferramentas para avaliar bairros existentes 2030 Districts e Livability Index demonstraram algumas particularidades nesta análise. O 2030 Districts possui três critérios relacionados com as reduções de água, uso de energia e emissões de carbono de transporte, todas incluídas na dimensão ambiental. Em contraponto ao Livability Index que é uma ferramenta voltada ao bem-estar da comunidade, reflete os maiores percentuais no pilar social, seguido do econômico.

4.1.2.3.2 Análise dos indicadores nas subcategorias

O número total de indicadores de cada ferramenta distribuídos nas vinte subcategorias propostas é demonstrado na Figura 31. Para permitir a verificação de quais aspectos são enfatizados nas ferramentas, uma distribuição estatística do número total de indicadores nas subcategorias foi realizada.

Figura 31: Número de indicadores de cada ferramenta incluídos nas 20 subcategorias



Fonte: Autora, 2019.

A subcategoria Poluição é a única subcategoria contemplada por todas as ferramentas analisadas, com destaque para a ferramenta Acqua Bairros e Loteamentos com maior número de indicadores nesta categoria, incluindo a poluição da água, solo, ar, luz e ruído.

A subcategoria Mobilidade Urbana possui 10,4% dos indicadores distribuídos pelas ferramentas, exceto CASBEE-UD e 2030 Districts que não concedem indicadores para esta categoria. O esforço das ferramentas que possuem indicadores se refere a mitigar o impacto do uso do transporte particular, promover formas mais sustentáveis de deslocamentos, como transporte público, caminhadas e o uso da bicicleta.

Nas ferramentas BREEAM Communities e Acqua Bairros e Loteamentos, a subcategoria Mobilidade Urbana possui o mesmo número de indicadores (5). As subcategorias Infraestrutura Urbana e Forma Urbana incluem o maior número de indicadores, com destaque para o Acqua Bairros e Loteamentos.

As diferenças entre as ferramentas são menores nas subcategorias Água e Cultura e Patrimônio, onde cada uma possui um ou dois indicadores, com 3,5% para cada.

A subcategoria Meio Ambiente e Biodiversidade possuem destaque na ferramenta LEED-ND e esta subcategoria é contemplada apenas pelas ferramentas criadas a partir de sistemas de avaliação de edifícios de terceiros existentes.

As subcategorias Edifícios Sustentáveis e Energia possuem o maior número de indicadores na ferramenta LEED-ND. A subcategoria Energia possui o mesmo número de indicadores em BREEAM Communities e Acqua Bairros e Loteamentos, não sendo abordado no Livability Index.

Tanto a subcategoria Materiais como a Governança não apresentam muita expressividade nas ferramentas, ambas contemplam indicadores em BREEAM Communities, vinculada à utilização de materiais de baixo impacto.

A ferramenta Acqua Bairros e Loteamentos possui destaque na subcategoria Resíduos, com o maior número de indicadores comparado às demais, com ênfase para resíduos não perigosos.

As subcategorias ligadas à área econômica somam 7% do total dos indicadores analisados, com a ferramenta Acqua Bairros e Loteamentos incluindo o maior número de indicadores voltados para o desenvolvimento local, incentivo de geração de renda a partir dos resíduos e de indicadores ligados ao lazer e ao turismo.

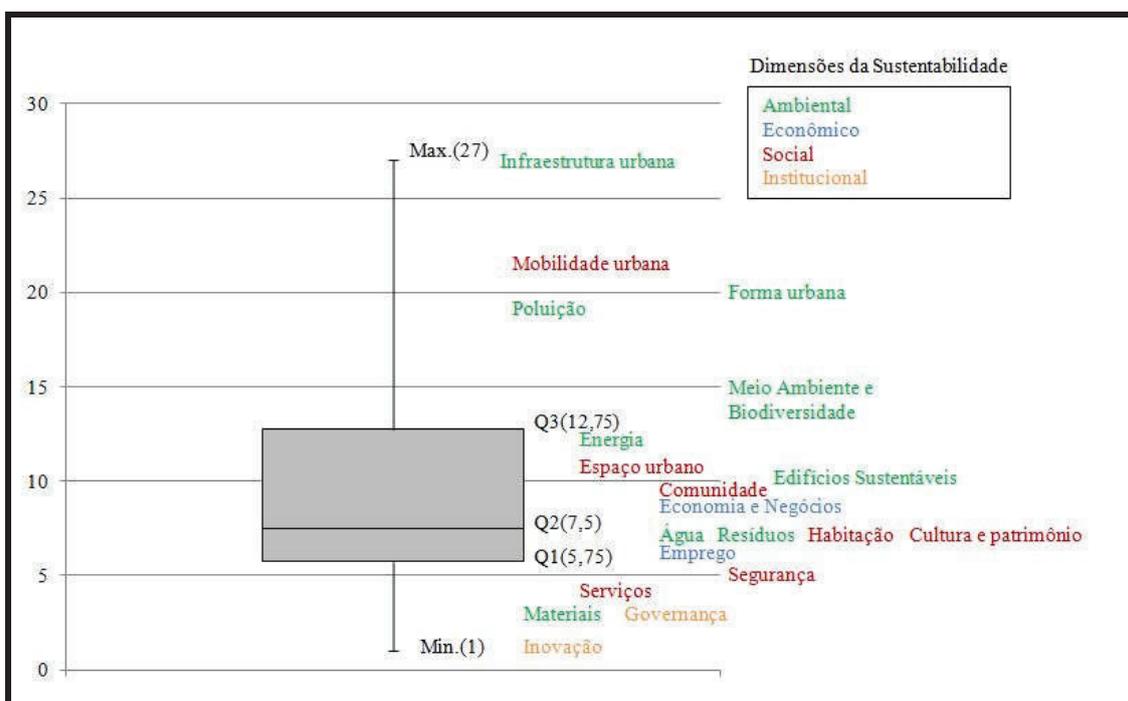
A subcategoria Comunidade apresenta expressividade na ferramenta Livability Index estando ligada ao envolvimento da população, não sendo contemplada em Acqua Bairros e Loteamentos e 2030 Districts.

A subcategoria Espaço Urbano não é contemplada no CASBEE-UD e 2030 Districts, Acqua Bairros e Loteamentos possui maior número de indicadores. A ferramenta Livability Index possui maior número de indicadores na subcategoria Habitação seguida do Acqua Bairros e Loteamentos, onde enfatizam a oferta de várias tipologias habitacionais.

Na subcategoria Segurança abordam a questão da prevenção do crime (CASBEE-UD, Acqua Bairros e Loteamentos e Livability Index). A subcategoria Serviços inclui 2% do total dos indicadores e está relacionada ao acesso à escola e à saúde. A subcategoria Inovação possui menor expressividade, apenas incluída no LEED-ND.

Conforme observado na Figura 32, as subcategorias Infraestrutura, Mobilidade urbana, Forma urbana, Poluição e Meio Ambiente e Biodiversidade possuem destaque nas ferramentas, uma vez que o número de indicadores incluídos em cada uma (27, 21, 20, 19 e 15) está acima do quartil superior (12,75). De fato, Infraestrutura urbana é a subcategoria com o maior número de indicadores agrupados, pois relaciona todas as redes de infraestrutura.

Figura 32: Distribuição estatística do número de indicadores nas 20 subcategorias



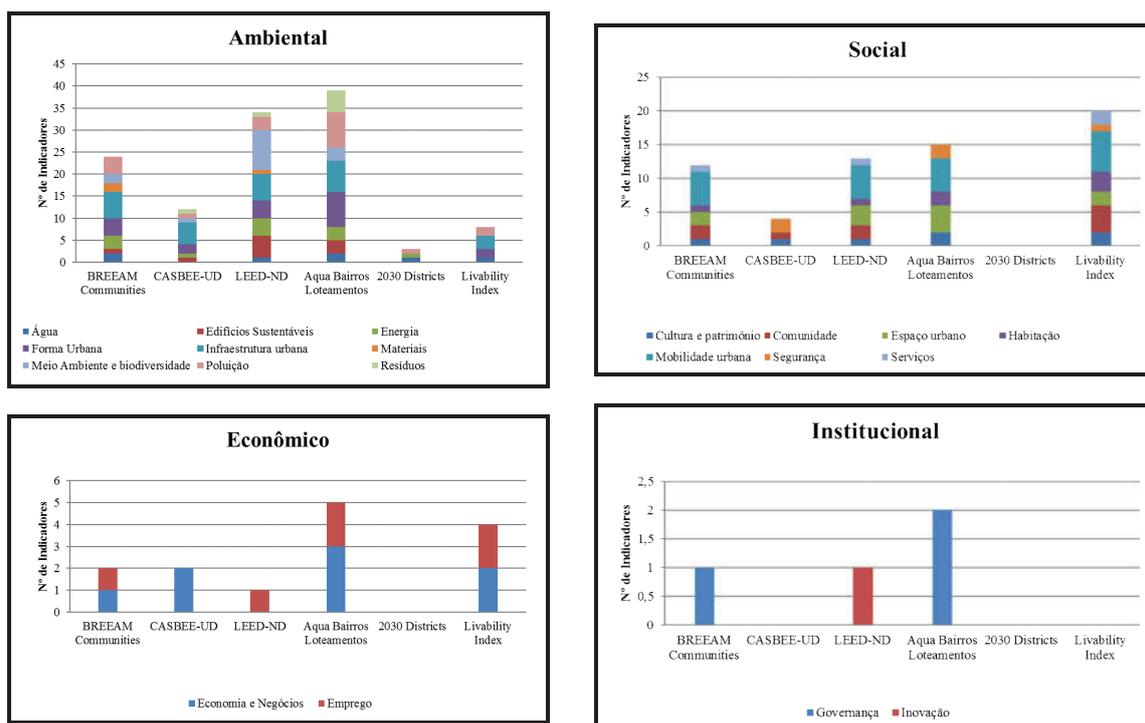
Fonte: Autora, 2019.

As subcategorias em que o número de indicadores está acima e abaixo da mediana (12,75; 5,75), representam 50% da distribuição dos dados estatísticos. Estes são: Energia, Espaço urbano, Edifícios sustentáveis, Comunidade, Economia e Negócios, Água, Resíduos, Habitação, Cultura e patrimônio, Emprego. O número dessas dez subcategorias fica entre 12 e 6, se concentrando no meio da distribuição.

As subcategorias abaixo do primeiro quartil (5,75) representam as menos enfatizadas, sendo Segurança, Serviços, Materiais, Governança e Inovação. Estas quatro subcategorias reúnem apenas alguns indicadores (5 a 3), e a subcategoria Inovação apenas um.

A análise comparativa, ilustrada na Figura 33, fornece informações sobre o número de indicadores que as ferramentas distribuem em cada subcategoria.

Figura 33: Número de indicadores em cada subcategoria das ferramentas analisadas



Fonte: Autora, 2019.

A ferramenta Breeam Communities possui o maior número de indicadores na subcategoria Infraestrutura urbana, os quais se referem à captação da água da chuva, avaliação e gestão dos riscos de inundação, infraestrutura verde, rede viária e de ciclismo e serviços de utilidade pública (relacionado à rede de telecomunicações). A

ferramenta não contempla indicadores na subcategoria Inovação e Segurança, nas demais possui indicadores, e apenas um nas seguintes subcategorias: Edifícios sustentáveis, Economia e Negócios, Emprego, Cultura e patrimônio, Habitação, Serviços e Governança.

A CASBEE-UD, do mesmo modo como a ferramenta anterior, concentra o maior número na subcategoria Infraestrutura, onde contempla indicadores para recursos hídricos, vegetação, tráfego, segurança no trânsito e sistema de informação (ligado a rede de telecomunicações). Não contempla indicadores nas demais subcategorias.

De acordo com a Figura 33, a ferramenta LEED-ND possui maior número de indicadores na subcategoria Meio Ambiente e Biodiversidade, onde aborda indicadores relacionados a projeto e gestão da conservação do habitat ou áreas úmidas e corpos d'água, conservação de espécies e comunidades ecológicas, produção local de alimentos, conservação de terras agrícolas, proteção de encostas íngremes, dentre outros. Só não possui indicadores nas subcategorias Governança e Segurança.

A ferramenta Acqua Bairros e Loteamentos é a ferramenta com maior número de indicadores, sendo a maioria incluída nas subcategorias Forma urbana e Poluição. Na subcategoria Forma urbana possui indicadores relacionados à densidade construída e populacional, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento do solo, relações entre espaço construído e espaço aberto, questões de valorização da paisagem e acesso a qualidade das vistas. Não contempla indicadores nas subcategorias Materiais, Comunidade, Serviços e Inovação.

A ferramenta 2030 Districts é entre as ferramentas analisadas a que possui o menor número de indicadores, concentrados na dimensão ambiental nas subcategorias: Água, Energia e Poluição.

O Livability Index possui maior número de indicadores na subcategoria Mobilidade Urbana, seguido da categoria Comunidade. Não possui indicadores nas subcategorias relacionadas à dimensão institucional e nas categorias Edifícios sustentáveis, Energia, Materiais, Meio Ambiente e Biodiversidade e Resíduos.

Uma análise comparativa da importância atribuída a cada subcategoria nas ferramentas Breeam Communities, CASBEE-UD, LEED-ND e Acqua Bairros e Loteamentos é apresentada na Tabela 3.

As quatro ferramentas comparadas colocam maior importância nas questões relacionadas aos aspectos ambientais, com ênfase na Infraestrutura urbana, Forma

urbana e os diversos tipos de Poluição. Os aspectos econômicos e institucionais demonstram menor importância.

As questões sociais possuem uma distribuição percentual equilibrada, com maior importância para a Mobilidade urbana, demonstrando a preocupação das ferramentas com a qualidade de vida e bem-estar dos moradores, na medida em que incluem indicadores voltados às instalações de ciclismo e ao tempo de deslocamento da moradia ao emprego em transporte público, evitando congestionamentos.

Tabela 3: Comparação da distribuição percentual entre as ferramentas Breeam Communities, CASBEE-UD, LEED-ND e Acqua Bairros e Loteamentos

Categoria	Subcategoria	BREEAM Communities		CASBEE-UD		LEED-ND		Acqua Bairros e Loteamentos	
		%	Total %	%	Total %	%	Total %	%	Total %
Ambiental	Água	5,1%	61,5%		66,7%	2,0%	69,4%	3,3%	63,9%
	Edifícios								
	Sustentáveis	2,6%		5,6%		10,2%		4,9%	
	Energia	7,7%		5,6%		8,2%		4,9%	
	Forma Urbana	10,3%		11,1%		8,2%		13,1%	
	Infraestrutura urbana	15,4%		27,8%		12,2%		11,5%	
	Materiais	5,1%				2,0%			
	Meio Ambiente e biodiversidade	5,1%		5,6%		18,4%		4,9%	
	Poluição	10,3%		5,6%		6,1%		13,1%	
	Resíduos			5,6%		2,0%		8,2%	
Econômica	Economia e Negócios	2,6%	5,1%	11,1%	11,1%		2,0%	4,9%	8,2%
	Emprego	2,6%				2,0%		3,3%	
	Cultura e patrimônio	2,6%	30,8%	5,6%	22,2%	2,0%	26,5%	3,3%	24,6%
	Comunidade	5,1%		5,6%		4,1%			
	Espaço urbano	5,1%				6,1%		6,6%	
Social	Habitação	2,6%				2,0%		3,3%	
	Mobilidade urbana	12,8%				10,2%		8,2%	
	Segurança			11,1%				3,3%	
Institucional	Serviços	2,6%				2,0%			
	Governança	2,6%	2,6%				2,0%	3,3%	3,3%
	Inovação					2,0%			

Fonte: Autora, 2019.

4.1.2.3.1 Análise de similaridade

Com a realização da análise comparativa dos 202 indicadores observou-se que apesar de apresentarem denominações diferentes, possuíam significados similares. Por exemplo, na subcategoria Segurança, o item “prevenção de desastres” na ferramenta CASBEE-UD possui similaridade com o indicador “parcela da população exposta” da ferramenta Acqua Bairros e Loteamentos que se refere à prevenção dos riscos naturais.

Dessa forma, foi possível realizar o agrupamento por similaridade, apresentado no Apêndice D.

Outro exemplo, na ferramenta CASBEE-UD o item “recursos hídricos” se relaciona ao sistema hidráulico (aproveitamento da água da chuva e água tratada) e ao sistema de esgoto. No sistema de esgoto considera a redução da quantidade de descarga de águas residuais e da chuva, com a indicação de lagoa de retenção para armazenamento temporário e promoção da permeabilidade do solo. Considerando esta descrição do item as ferramentas Breeam Communities, LEED-ND e Acqua Bairros e Loteamentos possuem itens e indicadores abordando essas questões das águas pluviais, inundações e tratamento de efluentes consideradas similares.

A comparação dos indicadores por similaridade resultou em uma redução de 41% no total dos indicadores, a Tabela 4 apresenta os valores totais por categoria.

Tabela 4: Quantidade total de indicadores por categoria após análise de similaridade

Categoria	Subcategoria	Nº de indicadores analisados	Nº de indicadores após similaridade
Ambiental	Água	7	3
	Edifícios Sustentáveis	10	7
	Energia	12	9
	Forma Urbana	20	11
	Infraestrutura Urbana	27	10
	Materiais	3	3
	Meio Ambiente e Biodiversidade	15	10
	Poluição	19	11
	Resíduos	7	6
	Total	120	70
Econômico	Economia e Negócios	8	5
	Emprego	6	3
	Total	14	8
Social	Cultura e Patrimônio	7	4
	Comunidade	9	5
	Espaço Urbano	11	5
	Habitação	7	3
	Mobilidade Urbana	21	12
	Segurança	5	2
	Serviços	4	1
Total	64	32	
Institucional	Governança	3	3
	Inovação	1	1
	Total	4	4
Total Geral		202	115

Fonte: Autora, 2019.

A maior redução conforme observado na tabela foi na categoria social, com um percentual de 50% na análise similar dos indicadores, demonstrando uma

compatibilidade entre as ferramentas em abordar as mesmas questões neste tópico. As categorias ligadas à dimensão institucional não sofreram aglutinação na análise de similaridade, pois as ferramentas que incluem indicadores nesta área apresentam visões diferentes.

Em síntese os indicadores que foram agrupados por similaridade não apresentam mudanças significativas no Quadro 300 (Apêndice D), pois a estratégia utilizada foi manter o significado principal do indicador para que não fossem substituídas suas definições. O conjunto de indicadores resultantes da análise comparativa e de similaridade é apresentado no Quadro 25, no total foram compilados 115 indicadores.

Quadro 25: Conjunto de indicadores das ferramentas de avaliação após análise comparativa e de similaridade

		Ambiental			Econômico	
Água	Edifícios sustentáveis	Energia	Forma urbana	Infraestrutura urbana	Economia e Negócios	Emprego
Qualidade da água potável	Edifícios ecológicos	Estratégia energética	Bairro compacto	Avaliação e gestão de risco de inundações	Desenvolvimento econômico local	Oportunidades de emprego
Redução do uso da água	Edifícios certificados	Adaptação à mudança climática	Microclima	Gerenciamento de águas servidas	Indicadores ligados ao lazer e ao turismo	Proximidade de residência e trabalho
Regularidade no abastecimento	Otimizar desempenho energético	Parcela de energia renovável no consumo de energia total	Necessidades e prioridades demográficas	Infraestrutura verde	Parcela que pode ganhar valor econômico (resíduos)	Igualdade de oportunidade – desigualdade de renda
	Adesão das habitações ao uso de energia renovável	Sistema energético	Uso misto	Acesso à internet	Acesso a mercearias e feiras ecológicas	
	Sistema de aproveitamento da água da chuva	Superfície de painéis solares térmicos ou fotovoltaicos	Relação espaço construído / espaço aberto	Ruas seguras	Disponibilidade de habitação subsidiada	
	Redução do uso de água no interior	Orientação solar	Taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento do solo	Vias para pedestres		
	Reuso do edifício	Redução da ilha de calor	Assegurar à vizinhança o direito ao sol e à qualidade das vistas	Deslocamentos interbairros		
		Central distrital de água gelada e aquecimento	Insolação	Rede de ciclismo		
		Consumo de recursos energéticos não-renováveis	Abertura do céu, Limitar os incômodos causados pelo vento	Eficiência energética da infraestrutura		
		Ambiental			Econômico	
Materiais	Meio ambiente e biodiversidade	Poluição	Resíduos	Institucional		
Impacto de recursos e reutilização da infraestrutura	Biodiversidade	Redução das emissões de carbono de transporte	Gerenciamento de resíduos sólidos	Gestão comunitária de instalações	Governança	Inovação
	Valorização ecológica	Redução da poluição luminosa	Qualidade de resíduos domésticos produzidos	Existência de pólos comuns (educação, lazer, cultura, esporte, saúde, comércio e serviços)		
	Restauração do habitat ou áreas úmidas e corpos d'água	Poluição da água	Resíduos perigosos	Utilização comum de energia (redes de aquecimento)		
	Conservação de espécies e comunidades ecológicas	Poluição sonora	Resíduos não perigosos e não inerentes e grau de valorização			
	Conservação de zonas úmidas e corpos d'água	Qualidade do ar – poluição industrial local	Resíduos não perigosos e inerentes e grau de valorização			
	Conservação de terras agrícolas	Remediação de áreas contaminadas	Resíduo não perigoso e inerte específico de atividade de construção			
	Produção local de alimentos	Poluição do solo				
	Reduzir distúrbios no terreno	Redução de desconforto olfativo				
	Proteção de encostas íngremes	Gás de efeito estufa				
	Assegurar o equilíbrio atores/cortes e escavações	Exposição a fontes eletromagnéticas				
		Poluição atmosférica				

		Social					
		Comunidade	Espaço urbano	Habitação	Mobilidade urbana	Segurança	Serviços
Cultura e patrimônio							
Respeito ao patrimônio existente		Comunidade conectada e aberta	Acesso a instalações de lazer	Diferentes residências	tipologias	Prevenção de desastre	Escolas de bairro
Local vernacular		Divulgação e envolvimento da comunidade	Acesso a parques	Accesibilidade à habitação		Prevenção do crime	Acesso a cuidados de saúde
Engajamento social - instituições culturais, artísticas, entretenimento		Comunidades multi-geracionais - diversidade etária	Flexibilidade dos espaços e dos assentamentos	Qualidade da vizinhança – taxa de vacância			
Acesso à bibliotecas		Taxa de votação do engajamento cívico	Desenvolver uma conectividade ecológica		Gerenciamento da demanda de transporte público		
		Engajamento social - Índice de desenvolvimento social			Instalação para bicicleta		
					Redução da área de projeção para estacionamento		
					Disponibilidade de transporte coletivo sem uso de combustível fóssil		
					Oferta de transporte coletivo		
					Proximidade do destino - acesso ao emprego por transporte e por automóvel		
					Frequência do serviço de transporte local		
					Projeto acessível para o sistema - estações e veículos acessíveis		
					Caminhadas		
					Congestionamento		

Fonte: Autora, 2019.

Do total dos indicadores compilados, 60% corresponde aos indicadores pertencentes ao domínio ambiental, abordando na subcategoria Água, a redução e qualidade da água potável, controle de perdas. Nos edifícios sustentáveis tratam majoritariamente da certificação dos edifícios com suas ferramentas no nível de ambiente construído e mecanismos para redução de energia e água, reaproveitamento de água da chuva e desempenho energético.

Os indicadores incluídos na subcategoria energia estão voltados a sistemas de energia renovável, estratégias para adaptação a mudanças climáticas. Na subcategoria forma urbana alguns indicadores são destinados ao desenho urbano, outros às estratégias de implantação dos edifícios para assegurar o conforto térmico / lumínico dos usuários. A subcategoria infraestrutura urbana contempla indicadores na rede viária, pluvial, telecomunicações, elétrica e rede verde. Na subcategoria materiais os indicadores estão voltados para materiais de baixo impacto e eficiência de recursos.

Na subcategoria do meio ambiente e biodiversidade os indicadores incluídos se destinam à conservação, principalmente das áreas úmidas, corpos d'água, encostas íngremes, produção de alimentos e manejo adequado do terreno na implantação dos empreendimentos. Na subcategoria poluição os indicadores avaliam todos os níveis de poluição sonora, luminosa, solo, ar e água. Na última subcategoria da categoria ambiental, resíduos, avalia o gerenciamento dos resíduos sólidos, perigosos e não perigosos.

Na categoria econômica são oito indicadores divididos em duas subcategorias: economia e negócios que incluem indicadores voltados para acesso a lojas e mercados, possibilidades de geração de renda em nível local e disposição de habitação subsidiada. Na segunda subcategoria da dimensão: emprego, os indicadores avaliam as oportunidades de emprego ofertadas na vizinhança.

A categoria social conta com 33 indicadores distribuídos em sete subcategorias. Na subcategoria patrimônio e cultura os indicadores avaliam o respeito ao patrimônio existente, acesso aos locais culturais e de entretenimento e bibliotecas. A comunidade trata de avaliar o engajamento da comunidade nas ações de vizinhança. O espaço urbano traz indicadores que avaliam os espaços flexíveis e inclusivos, de lazer e parques.

A subcategoria habitação avalia a disponibilidade de diversidade de habitações na vizinhança, bem como sua taxa de imóveis desocupados. A mobilidade urbana inclui indicadores voltados às instalações de bicicletas, transporte coletivo, redução das áreas de estacionamento. A subcategoria segurança prevê indicadores nas questões de criminalidade

e desastres. E a subcategoria de serviços inclui indicadores para o acesso à educação e à saúde.

A categoria institucional inclui quatro indicadores, em duas subcategorias, governança e inovação, que prevê avaliação nas ações de gestão comunitária e provisão de espaços integrados entre bairros, além de avaliar a inovação.

4.1.3 Indicadores potenciais para medir a sustentabilidade de bairro

O processo de seleção de indicadores é complexo, os critérios de alguns autores foram abordados no item 2.3.3.4 Critérios de seleção dos indicadores, integrantes do processo de desenvolvimento de indicadores de desenvolvimento sustentável de Maclaren (1996). Além dos critérios citados anteriormente, Tanguay *et al.* (2010, p. 415) propuseram a seguinte estratégia para selecionar indicadores de desenvolvimento sustentável: “(1) escolher os indicadores mais citados; (2) abranger os componentes do desenvolvimento sustentável e as categorias predeterminadas pertinentes e (3) escolher o indicador de desenvolvimento sustentável mais simples para facilitar a coleta, o entendimento e a disseminação de dados”.

O número de indicadores possui muitas variações como observado anteriormente, a estrutura inicial proposta neste trabalho segue o número estabelecido por Bossel (1999). Assim, considerando as recomendações de Bell e Morse (2003), Bragança, Conde, Alvarez (2017); Maclaren (1996), Tanguay *et al.* (2010) e Turcu (2013) para selecionar os indicadores e aplicá-los a uma lista de indicadores potenciais derivados de revisões das ferramentas de avaliação da literatura relacionadas com o desenvolvimento sustentável, com foco no planejamento e desenvolvimento de bairros apresentadas no Quadro 25, esta pesquisa selecionou 42 indicadores potenciais (Quadro 26) para avaliar os níveis de sustentabilidade de bairros existentes.

A partir desta seleção dos indicadores potenciais se iniciou a etapa de coleta de opiniões de especialistas e cidadãos, com a aplicação do questionário, constante no Apêndice A.

Quadro 26: Indicadores potenciais para medir a sustentabilidade de bairro utilizados neste estudo

Indicadores Potenciais	
Acesso à educação	Poluição da água
Acesso à internet	Poluição sonora
Acesso à saúde	Preservação do patrimônio existente
Bicicletário compartilhado	Prevenção do crime
Cidadania digital	Produção de energia renovável
Conservação de corpos d'água, recursos naturais e áreas úmidas	Produção local de alimentos
Descarte irregular em via pública	Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano
Desenvolvimento compacto	Proximidade a espaço verde
Disponibilidade de habitação subsidiada	Proximidade ao transporte público
Diversidade de tipologias habitacionais	Reciclagem de resíduos sólidos urbanos
Drenagem urbana	Rede de ciclismo
Edifícios com eficiência energética	Redução da área de estacionamento
Educação ambiental	Redução das emissões de carbono de transporte
Educação continuada para formação de mão de obra	Redução do uso da água
Espaço de centro comunitário	Redução do uso de energia
Infraestrutura verde	Regularidade no abastecimento
Materiais de baixo impacto	Representação das associações de moradores em conselhos municipais
Ocupação irregular em área de risco	Reuso do edifício
Oportunidade de emprego	Ruas seguras
Passeio público acessível	Saneamento básico
Pólos de integração	Uso misto

Fonte: Autora, 2019, a partir de AARP, 2018a; BRE, 2013; 2030 DISTRICTS, 2016; FCAV, 2011a; IBEC, 2014; USGBC, 2014, 2019.

4.2 Desenvolvimento de uma estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro

4.2.1 Estrutura conceitual

Para a concepção da elaboração dos princípios de sustentabilidade, considerou-se, preliminarmente, o exposto no item 2.1 Desenvolvimento urbano sustentável, integrante do Capítulo 2 deste documento. As definições e os temas abordados forneceram os elementos e o embasamento que serviu de base para operacionalizar a seleção preliminar dos indicadores potenciais de sustentabilidade de bairro.

A definição de sustentabilidade adotada neste trabalho se relaciona com o equilíbrio entre os subsistemas que compõem uma cidade (ambiental, econômico, social, institucional e físico), respeitando a diversidade cultural e social, assegurando bem-estar e equidade de acesso a serviços aos seus residentes; incentivando uma gestão urbana participativa.

A definição de bairro adotada é apoiada no exposto no Capítulo 2, item 2.2 compreendendo o bairro como unidade socioterritorial urbana, definido: como unidade

integrante da cidade, que permita relações sociais, econômicas e culturais aos seus residentes, possua diversidade de habitações, equipamentos comunitários, serviços e oferta de empregos compatíveis com a população residente, integrando no planejamento as redes de infraestrutura e espaços verdes acessíveis e seguros.

Ao considerar as dimensões da sustentabilidade como sinalizadores para a construção e manutenção do espaço urbano foram considerados alguns princípios de sustentabilidade apresentados no Quadro 27.

Quadro 27: Princípios de sustentabilidade adotados

Categoria Ambiental	
Princípio de sustentabilidade: Manter ambiente urbano saudável. Implementar infraestrutura urbana eficiente e eficaz, priorizando minimizar as diversas formas de poluição, emissão de resíduos e proliferação de doenças. Incentivar soluções que reduzam o uso de energia e água, ponderando a utilização dos recursos naturais. Incentivar programas de valorização ambiental dos bairros.	
Categoria Econômica	Categoria Institucional
Princípio: Oportunizar negócios locais, fornecendo opções econômicas diversificadas, que atenda às necessidades cotidianas dos moradores.	Princípio: Incentivar a participação da comunidade na tomada de decisões e permitir acesso à informação a todos os residentes.
Categoria Social	
Princípio: Assegurar o acesso à saúde, educação, habitação, espaços verdes, transporte e ambiente seguro. Incentivar as relações sociais e a preservação da identidade do bairro.	

Fonte: Autora, 2019.

Em termos de formulação do quadro de avaliação, esta pesquisa adota a sugestão de Bell e Morse (2003) sobre a vantagem de ter uma estrutura de indicadores para medir a sustentabilidade. Esta pesquisa também utiliza as diretrizes de Maclaren (1996) para desenvolver o mecanismo de avaliação de sustentabilidade e adota sua estrutura baseada em combinação que utiliza outras estruturas, neste caso domínio e objetivo.

A pesquisa seleciona a estrutura baseada em combinação em termos de dar importância ao uso de domínios ou pilares para especificar os esforços de sustentabilidade e ao definir os objetivos gerais das subcategorias para auxiliar na escolha dos indicadores. A partir da combinação da estrutura baseada em combinação e do processo adaptativo proposto por Reed, Fraser e Dougill (2006), esta pesquisa apresenta uma estrutura conceitual para medir os níveis de sustentabilidade de bairros existentes (Figura 34).

Nesse arcabouço conceitual, a Figura 34 apresenta a estrutura disposta em dois níveis, o primeiro nível corresponde às categorias: ambiental, econômica, social e institucional. E o segundo nível integra vinte subcategorias. Os indicadores potenciais

foram inseridos nas subcategorias, após passarem pelas etapas anteriores: análises de conteúdo, comparativas, de similaridade e os critérios de seleção.

Figura 34: Estrutura conceitual com os indicadores potenciais



Fonte: Autora, 2019, a partir de AARP, 2018a; BRE, 2013; 2030 DISTRICTS, 2016; FCAV, 2011a; IBEC, 2014; USGBC, 2014, 2019.

4.2.2 Identificação dos indicadores relevantes para avaliação de sustentabilidade de bairro

Com a finalização da estrutura conceitual identificando um conjunto de indicadores potenciais, os quais foram submetidos à consulta de especialistas e cidadãos, a partir de um

questionário com a finalidade de avaliar o nível de concordância frente às questões de sustentabilidade de bairro. Dessa forma, os indicadores potenciais correspondem às variáveis iniciais, da análise fatorial que tem como objetivo identificar um conjunto de indicadores que refletem as principais contribuições entre os objetivos de sustentabilidade ambiental, econômica, social e institucional aplicadas em nível de bairro.

Esta etapa apresenta o perfil dos respondentes, suas opiniões frente às questões e os resultados da análise fatorial, com base nos resultados dos questionários on line.

4.2.2.1 Perfil dos respondentes

A segunda parte do questionário abordou questões relacionadas ao perfil dos respondentes. De acordo com a pesquisa, se observou que 61% dos respondentes são do sexo feminino e 39% do masculino. Com relação à idade, o grupo compreendeu idades entre 19 a 70 anos, sendo a média de 38 anos. Outro item solicitado se referia à cidade e ao bairro de residência. Foram identificadas 56 cidades distribuídas nos seguintes estados: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Rondônia, Santa Catarina e São Paulo. A maioria dos respondentes reside no Rio Grande do Sul, 75%, destes 45% em Passo Fundo, seguido de 15% em Porto Alegre. Outro item se refere à classificação do bairro como local para viver, com opção de 1 péssimo a 5 excelente, dos 89 bairros indicados, 55% dos respondentes classificaram o bairro como bom (nota 4).

Outra questão analisada no questionário aborda se o respondente possuía ou não conhecimento na área de planejamento urbano, urbanismo e/ou sustentabilidade. Os resultados mostram que 16,5% não possuem conhecimento sobre a temática, sendo 64% membros da sociedade civil. Já 83,5% afirmaram ter conhecimento, dos quais 33% não atuam na área de sustentabilidade e 67% atuam, com média de 10 anos de experiência. Os respondentes não atuantes somam 64% membros da sociedade civil e 17% técnicos de serviços públicos. Os atuantes são arquitetos urbanistas, pesquisadores, professores universitários, engenheiros ambientais, civis, sanitaristas, economistas, biólogos, advogados e administradores. Com esta apuração percebe-se que houve multidisciplinaridade de profissionais e membros da sociedade civil que participaram, corroborando com a diversidade de opiniões para contribuir com comunidades mais

sustentáveis, como indicam Happio (2012), Reed, Fraser e Dougill (2006) e Sharifi e Murayama (2013).

4.2.2.2 Análise descritiva dos dados

Os respondentes apresentaram suas opiniões sobre questões de sustentabilidade urbana. Diante das afirmações apresentadas, 86% das respostas concordaram totalmente com as afirmações, com destaque para a questão de saneamento básico que obteve 95% de concordância. As questões relacionadas com a diversidade de tipologias habitacionais, habitação subsidiada e rede de ciclismo apresentaram mediana 3, demonstrando que para os respondentes essas questões demonstram neutralidade na sustentabilidade do bairro. Nas questões relacionadas à cidadania digital (36,7%) e às ruas seguras (39,9%) foram observados os menores percentuais na escala 5, e na escala 4, apresentaram 31,7% e 35,3%, respectivamente (Figura 35).

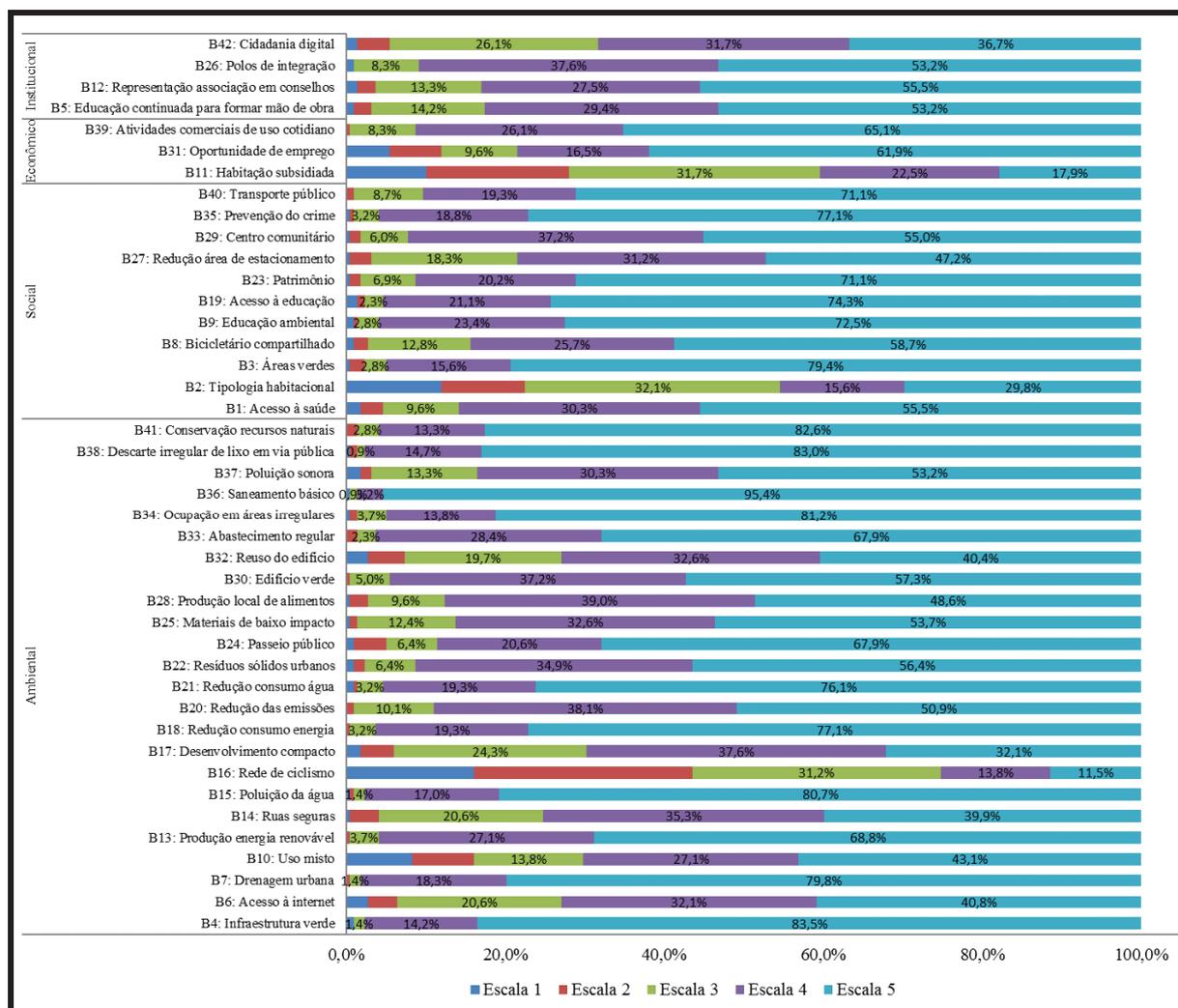
Para as dimensões de sustentabilidade os percentuais são mostrados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** A categoria social obteve o maior percentual (62,9%) na escala 5 (concordar totalmente), seguida da categoria ambiental (61,3%). A categoria institucional (49,7%) e econômica (48,3%), demonstrando que o meio ambiente e a sociedade apresentam maior importância para a sustentabilidade do bairro na ótica dos respondentes.

Tabela 5: Percentuais de respostas agrupadas nas categorias de sustentabilidade

	DC	D	NC/ND	C	CT
Escalas	1	2	3	4	5
Ambiental	1,7%	2,9%	9,1%	25,0%	61,3%
Econômico	5,2%	8,3%	16,5%	21,7%	48,3%
Social	1,8%	2,3%	9,6%	23,5%	62,9%
Institucional	1,1%	2,2%	15,5%	31,5%	49,7%

Fonte: Autora, 2020.

Figura 35: Percentuais dos indicadores nas escalas 3, 4 e 5



Fonte: Autora, 2020.

Considerando os indicadores de sustentabilidade ambiental que contribuíram com os resultados na escala 5, o maior coeficiente foi observado para o saneamento básico (B36 – 95,4%); seguido da infraestrutura verde (B4 – 83,5%); descarte irregular de lixo em via pública (B38 - 83%) e conservação dos recursos naturais (B41 - 82,6%). Para a dimensão social os indicadores que contribuíram com os maiores coeficientes foram: acesso a espaço verde (B3 - 79,4%); prevenção ao crime (B35 – 77,1%) e acesso à educação (B19 – 74,3%).

A categoria institucional composta por duas subcategorias: governança e inovação, contempla quatro indicadores, essa categoria apresentou percentual de 49,7% na escala 5, os seguintes indicadores contribuíram com esse resultado: representação das associações

de moradores nos conselhos municipais (B12 – 55,1%), seguido da educação continuada para formação de mão-de-obra (B5 - 53,2%) e polos de integração (B26 – 53,2%).

Na categoria econômica o indicador que contribuiu de forma significativa para o percentual (48,3%) na escala 5 foi o acesso a atividades comerciais de uso cotidiano (B39 – 65,1%), seguido da oportunidade de emprego (B31 - 61,9%). Análise Fatorial

4.2.2.3 Teste de normalidade

O teste de normalidade Shapiro-Wilks e Kolmogorov-Smirnov foi aplicado ao conjunto das variáveis (os resultados detalhados constam no Apêndice E). Para o conjunto de dados, os testes foram significativos ($p < 0,05$), ou seja, a distribuição foi diferente de uma distribuição normal, provavelmente devido ao uso da escala Likert. Em seguida, foi analisada a assimetria do escore z e a curtose z da maioria das variáveis com valores de p significativos ($p < 0,001$). Observou-se que as variáveis B2, B10, B16, B31 e B32 foram passíveis de transformação. A ação corretiva para transformação de dados foi aplicada para cada uma dessas variáveis. As variáveis transformadas não apresentaram melhora significativa na distribuição normal nas representações gráficas, e os descritores estatísticos também não apresentaram melhora significativa. Os desvios de normalidade não foram extremos em nenhuma das variáveis originais. Considerando que o impacto da normalidade diminui quando a amostra ultrapassa 200 casos, conforme afirmam Hair *et al.* (2009), as variáveis foram utilizadas em sua forma original na análise fatorial.

4.2.2.4 Correlação entre variáveis

A correlação entre as variáveis foi verificada por meio do coeficiente de correlação de Spearman, com a análise da matriz de correlação (resultados detalhados no Apêndice F). A inspeção inicial da matriz revela que 60% das variáveis foram significativas no nível 0,01, o que forneceu uma base adequada para seguir com o exame empírico para a análise fatorial. A variável B16 (rede de ciclismo), sem nenhuma correlação na matriz, foi eliminada. O teste de Bartlett para este conjunto de 41 variáveis mostrou que as correlações foram significativas ($p < 0,001$). O teste KMO também retornou um valor de 0,870. Os valores de MSA para 14,6% das variáveis ficaram entre $\geq 0,70$ e $< 0,80$

(mediana) e para 80,4% foram $\geq 0,80$ (admirável). Assim, o conjunto de 41 variáveis atendeu aos requisitos da análise fatorial.

4.2.2.5 Análise de componentes principais

O método de extração por componentes principais reduz um conjunto de variáveis a um número limitado de componentes principais, incluindo correlações entre as variáveis originais. A fim de identificar um conjunto de indicadores que refletem as principais contribuições da sustentabilidade ambiental, econômica, social e institucional foi realizada a análise para o conjunto de indicadores identificados na etapa da correlação das variáveis, ou seja, resultando em 41 indicadores. A análise de componentes principais encontra-se detalhada no Apêndice G. O teste *Scree plot* sugeriu a extração de cinco componentes; a variância explicada total do conjunto extraído foi de 70,57%, o que levou a uma solução adequada, uma vez que 12 variáveis poderiam explicar mais de 60% dos dados originais. A matriz de carga para cada componente resultante após a rotação Varimax é mostrada na Tabela 6 com cargas substanciais ($> 0,5$).

Tabela 6: Matriz de cargas fatoriais rotacionadas

Variáveis	Componente					Comunalidades
	1	2	3	4	5	
B40 Transporte público	0,813					0,694
B39 Atividades uso cotidiano	0,795					0,681
B23 Preservação do patrimônio	0,747					0,642
B42 Cidadania digital	0,678					0,566
B19 Acesso à educação		0,805				0,729
B18 Redução consumo energia		0,735				0,687
B36 Saneamento básico		0,729				0,638
B10 Uso misto			0,827			0,739
B2 Diversidade habitacional			0,819			0,720
B3 Proximidade a espaço verde				0,859		0,776
B4 Infraestrutura verde				0,760		0,699
B7 Drenagem urbana					0,922	0,898
						Total
Autovalor*	2,499	1,914	1,523	1,399	1,134	8,469
Traço (%)	20,826	15,948	12,694	11,656	9,452	70,575

*Soma dos quadrados

Fonte: Autora, 2020.

No primeiro componente, a proximidade de atividades de uso cotidiano e proximidade de transporte público carregaram substancialmente junto com preservação do patrimônio existente e cidadania digital. Esse conjunto inicial representa 20,82% da variância total das variáveis e estão positivamente correlacionadas com este componente, foi entendido como refletindo facilidades, mobilidade e conectividade cultural.

O segundo componente acesso à educação carregou o valor mais expressivo, seguidos dos valores da redução do uso de energia e saneamento básico. Esse componente foi, portanto, denominado Educação e infraestrutura urbana e indica 15,94% da variabilidade dos dados originais. O terceiro componente cobriu os aspectos de diversidade de usos e habitações, esse componente carregou dois indicadores bairro de uso misto e diversidade na oferta de tipologias habitacionais, representando 12,69% da variância total.

No quarto componente, a proximidade a espaços verdes e infraestrutura verde apresentaram altas cargas fatoriais. Esse componente foi denominado como Espaços verdes abertos. Essas duas variáveis representam 11,65% da variância total das variáveis. Assim, o quinto componente, agregou altas cargas fatoriais com a drenagem urbana, esse indicador representa 9,45% da variabilidade total das variáveis.

No último estágio da análise se verifica a confiabilidade da solução fatorial satisfatória, com o teste do α Cronbach em cada componente e na solução global. A Tabela 7 mostra os resultados encontrados para cada variável e o α Cronbach geral.

Tabela 7: Análise de confiabilidade

α Cronbach geral = 0,900							
B2	0,903	B7	0,899	B19	0,896	B39	0,896
B3	0,899	B10	0,903	B23	0,896	B40	0,896
B4	0,898	B18	0,897	B36	0,899	B42	0,894

Fonte: Autora, 2020.

A confiabilidade geral da escala indica um resultado provavelmente confiável, pois se espera valores entre 0,70 a 0,80, nesse caso estão acima. O mesmo ocorre com os α para cada variável, todos com valores acima de 0,80, onde se espera que todos estejam próximos ao α geral.

4.2.3 Apresentação dos indicadores relevantes de sustentabilidade de bairro

Após realizar a análise fatorial exploratória com sucessivas análises de componentes principais, os resultados indicaram um conjunto de 12 indicadores principais para avaliar o nível de sustentabilidade de bairros existentes, apresentados na Figura 36 com os respectivos domínios de sustentabilidade.

Figura 36: Indicadores relevantes para avaliação de sustentabilidade de bairro



Fonte: Autora, 2020.

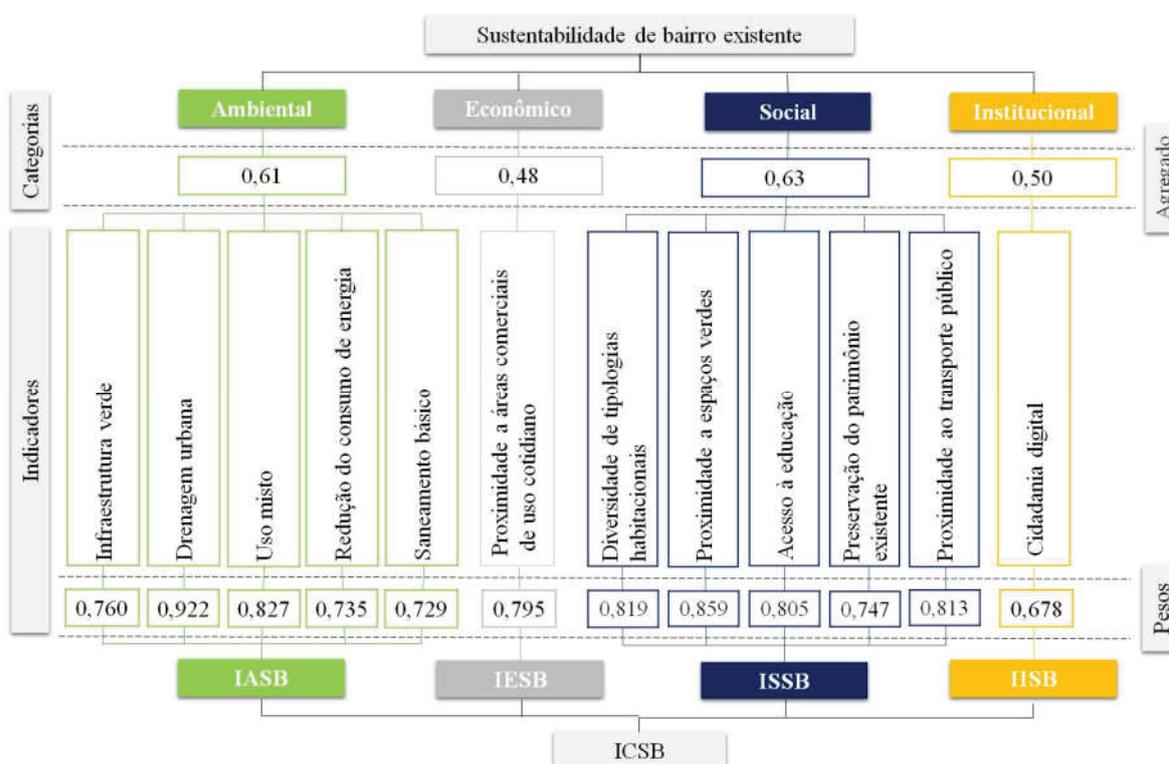
4.2.4 Formação do Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB)

4.2.4.1 Estrutura para avaliação de sustentabilidade de bairro existente

A Figura 37 ilustra a estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro existente composta pelas categorias de sustentabilidade e indicadores relevantes, resultando na composição dos índices compostos por categoria e do índice composto de sustentabilidade de bairro. Abaixo das categorias de sustentabilidade são apresentados os valores do agregado de categorias com base no percentual de concordância na escala 5 dos entrevistados (tanto especialistas quanto cidadãos) da pesquisa.

A seguir se apresenta os indicadores relevantes com os respectivos pesos, provenientes da análise de componentes principais. O somatório dos indicadores compostos de cada categoria dá origem ao índice composto da categoria correspondente. O índice composto de sustentabilidade de bairro é determinado pelo somatório de todos os indicadores compostos do bairro analisado. Por último, os índices são convertidos na escala de 0 a 1, possibilitando a verificação do nível de sustentabilidade.

Figura 37: Avaliação da sustentabilidade de bairro existente



Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.2 Equações de medição do conjunto de indicadores relevantes

Com os indicadores relevantes identificados se estabeleceu uma escala de medição para cada indicador. O Quadro 28 apresenta a listagem dos indicadores relevantes selecionados, uma breve descrição, equações, fontes e respectivas unidades de medidas. As informações detalhadas, incluindo metodologia e critérios de avaliação encontram-se no Apêndice B.

Quadro 28: Descrição, equação de medida e unidades do conjunto de indicadores relevantes

Indicador	Descrição	Equação	Unidade
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	Indica o percentual de diversidade habitacional do bairro.	$1 - \sum (n/N)^2$ Onde: n = número total de residências em uma tipologia específica N = número total de residências (AURBACH, 2005)	Valor do índice
B3: Proximidade a espaço verde	A proporção de acesso a diferentes tipologias de espaços verdes públicos pela população residente.	$\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ (AEUB, 2012; ANBT, 2017; CRITERION PLANNERS, 2007)	Percentual
B4: Infraestrutura verde	Número de árvores existentes nas vias.	$\frac{(\text{N}^\circ \text{ árvores porte grande} \times 12) + (\text{N}^\circ \text{ árvores porte médio} \times 8) + (\text{N}^\circ \text{ árvores porte pequeno} \times 6)}{\text{Extensão da via}} \times 100^*$ (AEUB, 2012) *Por seção de via.	Percentual
B7: Drenagem urbana	Indica a proporção de superfícies permeáveis relacionadas à área total do bairro.	$\frac{\text{Superfícies permeáveis (m}^2\text{)} \times 100}{\text{Área total do bairro (m}^2\text{)}}$ (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010)	Percentual
B10: Uso misto	Indica a proporção de diversidade de atividades no bairro.	$\frac{\text{Superfícies não residenciais (m}^2\text{)} \times 100}{\text{Superfície edificada total (m}^2\text{)}}$ (AEUB, 2012)	Percentual
B18: Redução do consumo de energia	Indica o consumo de energia de edifícios públicos por ano (Kwh/m ²).	$\frac{\text{Consumo total de energia elétrica edifícios públicos}}{\text{Área total edifícios públicos}}$ (ABNT, 2017)	Kwh/m ²
B19: Acesso à educação	Indica a proporção de população residente com acesso à escola.	$\frac{\text{Número de pessoas com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ (CRITERION PLANNERS, 2007)	Percentual
B23: Preservação do patrimônio existente	Indica a proporção de imóveis que necessitam de reabilitação.	$\frac{\text{Número de imóveis degradados}}{\text{Total de imóveis}}$ (BRASIL, 2008)	Unidade
B36: Saneamento básico	Indica a proporção de população atendida pelo sistema de esgoto.	$\frac{\text{Número de pessoas no bairro atendidas por coleta de esgoto}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ (ABNT, 2017)	Percentual
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	Indica a porcentagem de residências localizadas a menos de 400m dos diferentes tipos de atividades comerciais de uso diário	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de residências dentro da distância das atividades}}{\text{Total de residências}} \times 100$ (CRITERION PLANNERS, 2007)	Percentual

Indicador	Descrição	Equação	Unidade
B40: Proximidade ao transporte público	Indica a proporção da população com acesso ao transporte público.	$\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ (CRITERION PLANNERS, 2007)	Percentual
B42: Cidadania digital	Proporção de população residente com acesso à internet.	$\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ (ABNT,2017)	Percentual

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3 Cálculo da saída de medição do conjunto de indicadores relevantes

As subseções seguintes apresentam o cálculo da saída de medição de cada um dos 12 indicadores relevantes para os cinco estudos de caso.

4.2.4.3.1 B2: Diversidade na oferta de tipologias habitacionais

A diversidade de tipologias habitacionais se relaciona à variedade nas opções de habitações. Estas tipologias incluem residências isoladas no lote do tipo 1 (1 pavimento), residências isoladas no lote tipo 2 (2 pavimentos), condomínios residenciais, residências geminadas, apartamentos e aglomerados subnormais. A Tabela 8 apresenta o cálculo do indicador com base na análise das tipologias habitacionais identificadas nas visitas in loco a cada área de estudo de caso. Os resultados revelam que os estudos de caso C3, C4 e C5 apresentam baixo índice de diversidade.

Tabela 8: Cálculo do indicador B2: Diversidade de tipologias habitacionais

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Residência isolada tipo 1	179	137	263	357	1095
Residência isolada tipo 2	195	119	71	38	56
Residência geminada				36	80
Condomínio residencial	3				
Apartamento	524			18	
Aglomerado subnormal			5	3	162
Total de residências	901	256	339	452	1393
Soma dos quadrados	0,42	0,50	0,65	0,64	0,64
Índice de diversidade (1-soma dos quadrados)	0,58	0,50	0,35	0,36	0,36

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.2 B3: Proximidade a espaço verde

A proximidade a espaço verde refere-se ao acesso da população residente a espaços verdes públicos, tais como: parques, praças e pracinhas. Dessa forma, os espaços verdes foram identificados nas áreas de estudo de caso e aplicado o raio de abrangência de acordo com a tipologia, utilizando referências de Castello (2008), conforme se observam na Figura 38.

Figura 38: Espaços verdes

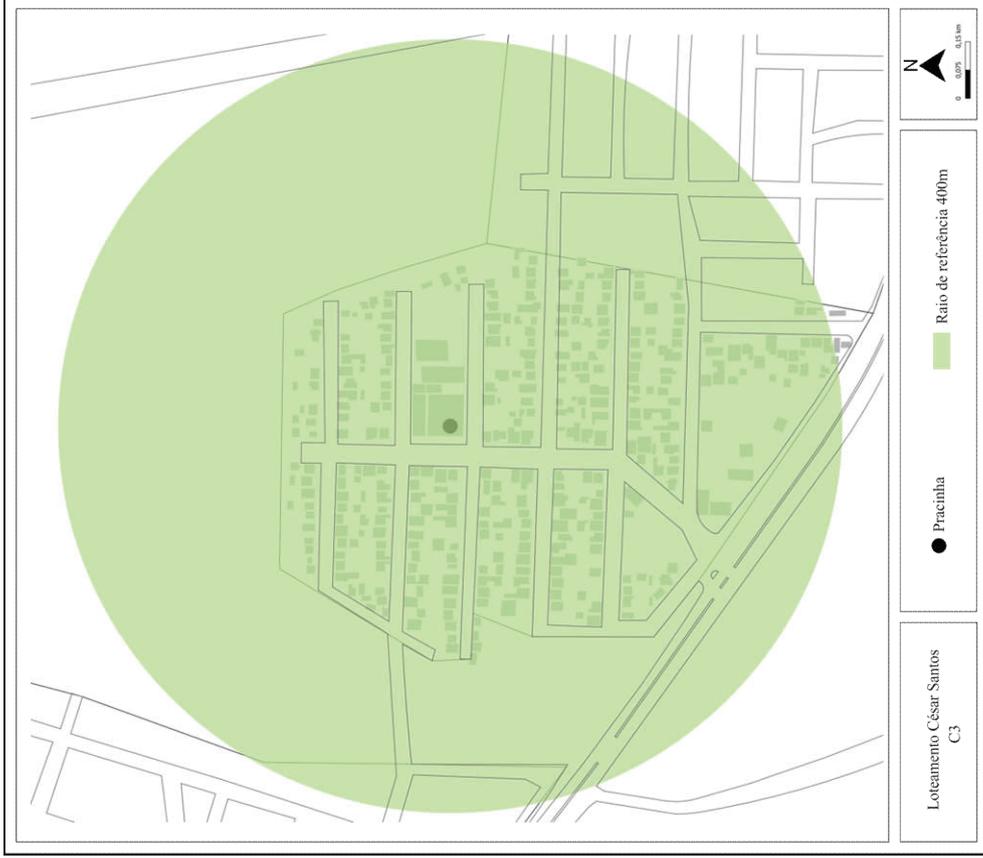
Estudo de caso 01: Parque do Banhado da Vergueiro



Estudo de caso 2: Praça do Loteamento Morada da Colina



Estudo de caso 03: Pracinha do Loteamento César Santos



Estudo de caso 05: Pracinha do Bairro José Alexandre Zachia



Fonte: Autora, 2020.

A análise espacial foi utilizada para extrair e contar o total de pessoas atendidas no raio de abrangência. A Tabela 9 apresenta os resultados da análise. Na área de estudo C4 não foi identificado espaço verde, em contraponto ao estudo de caso C1 que possui um parque urbano que atende a totalidade da população da área.

Tabela 9: Cálculo do indicador B3: Proximidade a espaço verde

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Tipo de espaço verde	Parque	Praça	Pracinha	-	Pracinha
Nº de pessoas com acesso à praças e pracinhas		686	1175	0	3478
Nº de pessoas com acesso à parques	3154			0	0
População total do bairro	3154	896	1186	1582	5572
% acesso à espaços verdes públicos	100	76,56	98,99	0,00	67,26

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.3 B4: Infraestrutura verde

A infraestrutura verde se relaciona com a densidade de arborização urbana presente nas vias. As árvores foram identificadas em cada via e seu respectivo porte, utilizando referências de Mascaró e Mascaró (2015), conforme a Figura 39. A Tabela 10 apresenta o total das árvores por porte e o total da extensão das vias. O percentual de arborização urbana do estudo de caso C3 obteve 73,50% , seguido de C1 com 57,15%. O menor percentual percebido no estudo de caso C5 com 31,41%.

Tabela 10: Cálculo do indicador B4: Infraestrutura verde

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Árvores grande porte	43	9	47	0	16
Árvores médio porte	74	19	61	3	71
Árvores pequeno porte	515	125	188	120	176
Extensão da via (m)	7345	2573	2966	2066	5781
% arborização urbana	57,15	39,25	73,50	36,01	31,41

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.4 B7: Drenagem urbana

Uma superfície permeável refere-se a áreas de vegetação, tais como jardins, gramado, árvores e solo exposto. A medida foi derivada identificando todas as superfícies edificadas e impermeáveis (calçadas, pavimentação das vias, pátios pavimentados). Os

cálculos foram conduzidos nas áreas de estudo de caso. Um maior percentual representa melhor sustentabilidade urbana.

Os resultados do percentual das áreas permeáveis são apresentados na Tabela 11, indicam que C4 tem o maior percentual de permeabilidade do solo (70,92%), seguido de C2 (63,80%) e C5 (53,66). O menor percentual se observa em C3 (49,43%).

Tabela 11: Cálculo do indicador B7: Drenagem urbana

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Superfície de projeção total (m ²)	114.559,37	45.969,70	46.316,62	47.803,63	134.189,83
Área total das quadras (m ²)	351.065,50	191.889,90	138.114,50	233.121,80	415.434,90
Total das superfícies permeáveis (m ²)	236.506,13	145.920,20	91.797,88	185.318,17	281.245,07
Área total do bairro (m ²)	472.664,76	228.704,41	185.700,45	261.293,88	524.104,01
% permeabilidade do solo	50,04	63,80	49,43	70,92	53,66

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.5 B10: Uso misto

O indicador B10 refere-se à diversidade de usos presentes no bairro que melhore a qualidade de vida e a sustentabilidade e seu entorno. A incorporação de vários usos não residenciais, tais como atividades comerciais, institucionais e de serviços, pode reduzir a dependência de veículos particulares, proporcionar oportunidades de trabalho e melhorar a interação entre os moradores. Nesta pesquisa, o indicador B10 indica o percentual de diferentes usos do solo nas áreas de estudo de caso: comercial, recreação, educação, saúde e serviços.

O uso do solo para cada estudo de caso foi medido com base na área do estabelecimento identificado a partir do levantamento de campo, como ilustra a Figura 40. A Tabela 12 apresenta os resultados indicando que o C1 obteve o melhor percentual de diversidade de uso do solo com 24,87%, seguido do C4 com 22,11%.

Tabela 12: Cálculo do indicador B10: Uso misto

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Superfícies não residenciais (m ²)	73.974,76	5102,64	5.595,13	11.806,04	15.153,31
Superfície edificada total (m ²)	297.489,64	70.870,68	57.081,40	53.402,12	141.094,50
% Diversidade de uso do solo	24,87	7,20	9,80	22,11	10,74

Fonte: Autora, 2020.

Figura 39: Infraestrutura verde

Estudo de caso 03



Estudo de caso 02



Estudo de caso 01



Estudo de caso 04



Estudo de caso 05



Fonte: Autora, 2020.

Figura 40: Uso do solo
 Estudo de caso 02



Estudo de caso 01



Estudo de caso 03



Estudo de caso 04



Estudo de caso 05



Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.6 B18: Redução do consumo de energia

A redução do uso de energia indica o consumo de energia de edifícios públicos por ano (Kwh/m²). Quanto maior o consumo, menor será sua contribuição com a sustentabilidade de bairro. A análise foi realizada considerando o consumo anual no período compreendido entre fevereiro/2019 a fevereiro/2020, dos equipamentos públicos presentes nas áreas de estudos de caso, como demonstram os resultados da Tabela 13. Os equipamentos públicos considerados foram escolas de ensino infantil e fundamental, unidades básicas de saúde e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Os resultados mostram que C5 (16,95 Kwh/m²) possui o maior consumo, seguido da área C4 (13,64 Kwh/m²). A área C2 não possui equipamento público, neste caso o indicador não se aplica (N/A).

Tabela 13: Cálculo do indicador B18: Redução do consumo de energia

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Consumo total energia elétrica edifícios públicos (Kwh)	14.778	N/A	24.936	49.883	60.163
Área total dos edifícios públicos (m ²)	1.853,07	N/A	1.873,72	3.658,19	3.549,8
Consumo total energia elétrica edifícios públicos (Kwh/m²)	7,97	N/A	13,31	13,64	16,95

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.7 B19: Acesso à escola

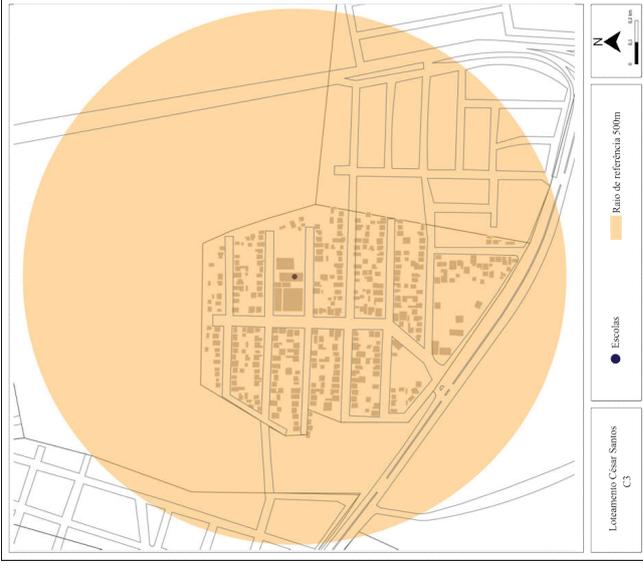
O acesso às instalações educacionais refere-se à proporção de população atendida a uma distância de 500 metros da escola de educação infantil ou ensino fundamental e de 800 metros de escola de ensino médio (CASTELLO, 2008). Uma maior porcentagem de cobertura está associada a uma melhor contribuição para a sustentabilidade do bairro. A Figura 41 ilustra os resultados da análise espacial que identifica a cobertura de acesso às escolas a partir dos raios de abrangência aplicados. A Tabela 14 apresenta os resultados onde o acesso é integral nos estudos C3, C4 e C5 e com menor percentual em C1 (85,23%).

Tabela 14: Cálculo do indicador B19: Acesso à escola

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Nº de escolas	3	1	1	2	2
Nº de pessoas com acesso à educação	2688	875	1187	1582	5572
População total do bairro	3154	896	1187	1582	5572
% pessoas com acesso à educação	85,23	97,66	100,00	100,00	100,00

Figura 41: Acesso à escola

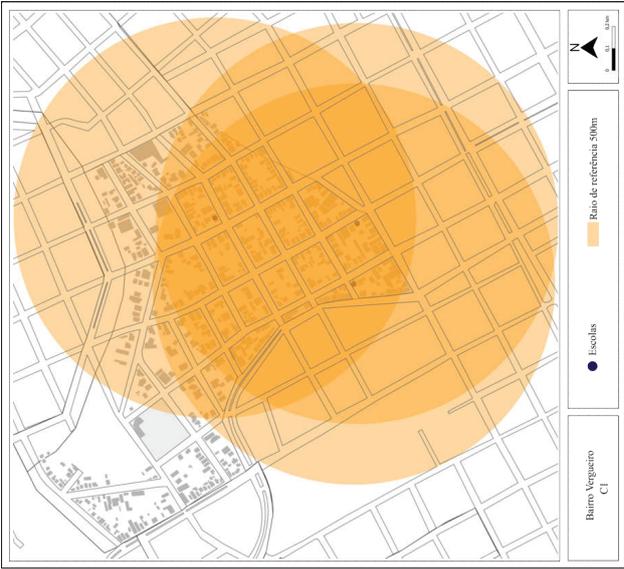
Estudo de caso 03



Estudo de caso 02



Estudo de caso 01



Estudo de caso 04



Estudo de caso 05



Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.8 B23: Preservação do patrimônio existente

A preservação do patrimônio existente se refere aos imóveis que necessitam de reabilitação. Nas áreas de estudos de caso foram considerados como imóveis degradados aqueles que não possuem condições de habitabilidade, danificados pelo fogo ou em ruína. A maior concentração de imóveis degradados conforme dados da Tabela 15, se encontra no estudo de caso C5 (162) onde há ocupações irregulares.

Tabela 15: Cálculo do indicador B23: Preservação do patrimônio existente

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Nº de imóveis degradados	0	0	5	20	162
Total de imóveis	1019	273	359	495	1448
Taxa de imóveis degradados	0,000	0,000	0,014	0,040	0,112
Proporção de imóveis degradados	-	-	1/71	1/25	1/9

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.9 B36: Saneamento básico

O saneamento básico se refere à população atendida por rede de coleta de esgoto pública. A Tabela 16 apresenta os resultados referentes às áreas de estudos de caso. O estudo de caso C1 possui rede pública de esgoto, nessa área todo o esgoto é coletado e tratado. Nas demais áreas o sistema utilizado é fossa, filtro, sumidouro, não possuindo coleta e tampouco tratamento. O estudo de caso C4 encontra-se em uma região que possui rede coletora não operante, com previsão para o início da operação a partir do ano de 2021.

Tabela 16: Cálculo do indicador B36: Saneamento básico

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Nº de pessoas atendidas por rede de coleta de esgoto	3154	0	0	0	0
População total do bairro	3154	896	1186	1582	5572
% pessoas atendidas por rede de coleta de esgoto	100	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.10 B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano

A proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano refere-se ao percentual de população atendida por cinco atividades simultâneas a menos de 400m das suas residências (CASTELLO, 2008). As atividades comerciais são definidas como estabelecimentos comerciais tais como: padaria, fruteira, açougue, produtos variados em pequenas lojas, farmácia, revisteira, produtos variados em mercados. A Figura 42 ilustram os pontos demarcados destas atividades nas respectivas áreas de estudos de caso e a partir destes pontos foi aplicado o raio de influência.

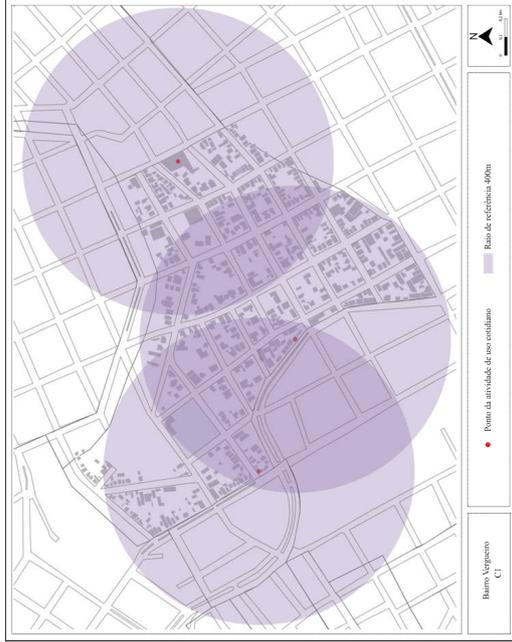
Os resultados da Tabela 17 apresentam o número de atividades de uso cotidiano identificadas nos estudos de caso, juntamente com a quantidade de residências atendidas no raio de 400m. Os seguintes estabelecimentos foram identificados: C1 – mercado (2) e casa de carne; C2 – mini-mercado e padaria; C3 – mini-mercado; C4 – mini-mercado e fruteira, e; C5 – mini-mercado (5), padaria (4) e fruteiras (2). O estudo de caso C5 apresentou o melhor acesso com 100%.

Tabela 17: Cálculo do indicador B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano

Item	C1	C2	C3	C4	C5
Nº de residências no raio (400)	890	243	311	423	1393
Estabelecimentos uso cotidiano no raio (400m)	3	2	1	2	11
Total de residências	901	256	339	452	1393
% acesso	98,78	94,92	91,74	93,58	100,00

Fonte: Autora, 2020.

Estudo de caso 01



Estudo de caso 02



Estudo de caso 03

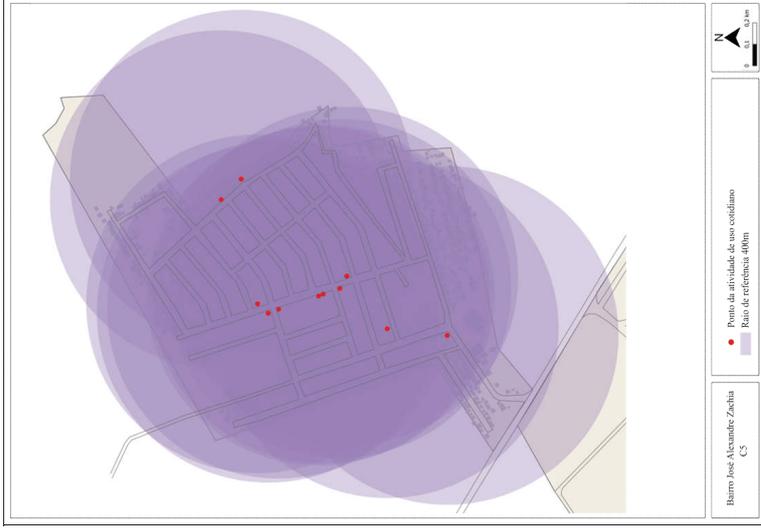


Figura 42: Estabelecimentos comerciais de uso cotidiano

Estudo de caso 04



Estudo de caso 05



Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.11 B41: Proximidade ao transporte público

A proximidade ao transporte público refere-se à disponibilidade de paradas de ônibus a menos de 300m (FERRAZ; TORRES, 2004) das residências dos moradores. As paradas de ônibus foram identificadas em cada área de estudo de caso (Figura 43) e a partir dos pontos os raios foram aplicados (100m, 200m e 300m). Com a análise espacial foi possível identificar a cobertura associada a cada ponto e aplicar o cálculo do indicador, mostrada na Tabela 18. Este indicador apresenta as áreas de estudo de caso: C3, C4 e C5 com 100% de cobertura de acesso ao transporte público, contribuindo com a sustentabilidade urbana.

Tabela 18: Cálculo do indicador B41: Proximidade ao transporte público

Item	C1	C2	C3	C4	C5
0-100m	420	161	665	486	2920
100-200m	557	290	504	963	2036
200-300m	1427	200	17	133	616
População atendida	2404	651	1186	1582	5572
População total do bairro	3154	896	1186	1582	5572
% pessoas atendidas pelo transporte público	76,22	72,66	100,00	100,00	100,00

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.3.12 B42: Cidadania digital

A cidadania digital está relacionada ao acesso da população à internet. A Tabela 19 mostra os resultados do percentual de população com acesso. Os resultados revelam que o estudo de caso C5 apresenta o menor percentual de acesso com 20,50%, seguido do estudo de caso C4 com 38,24%. Já os estudos C1 e C2 possuem 100% da população conectada.

Tabela 19: Cálculo do indicador: B42: Cidadania digital

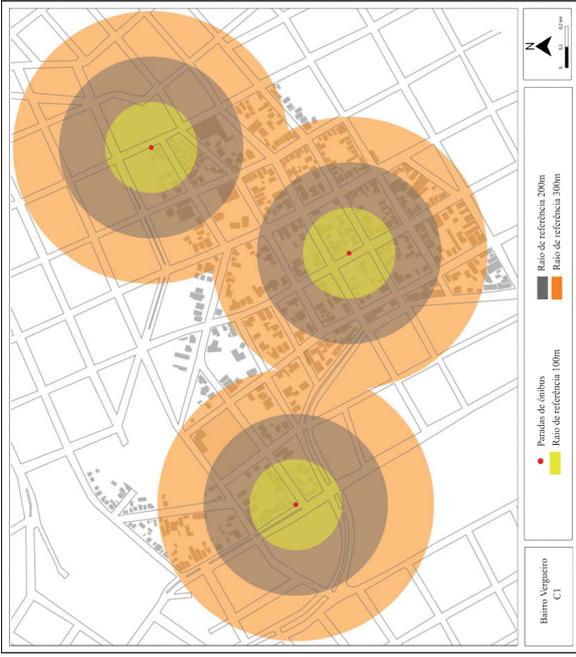
Item	C1	C2	C3	C4	C5
População com acesso à internet	3154	896	1160	605	1142
População total do bairro	3154	896	1186	1582	5572
% população com acesso à internet	100,00	100,00	97,81	38,24	20,50

Fonte: Autora, 2020.

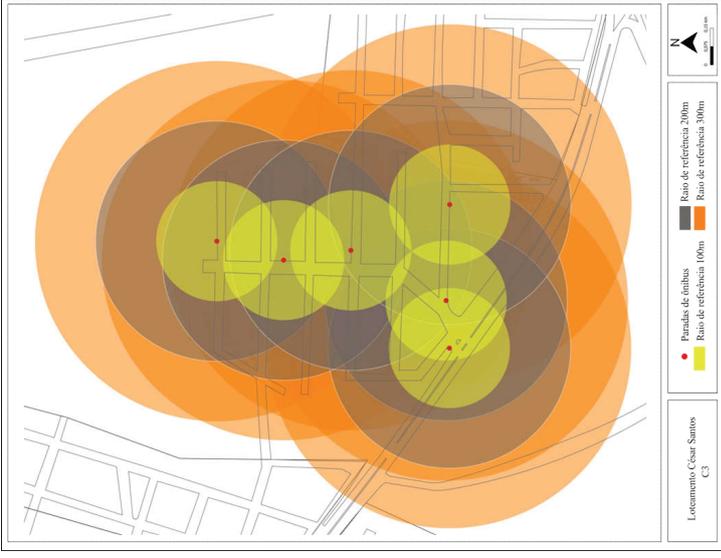
Figura 43: Cobertura do transporte público
Estudo de caso 02



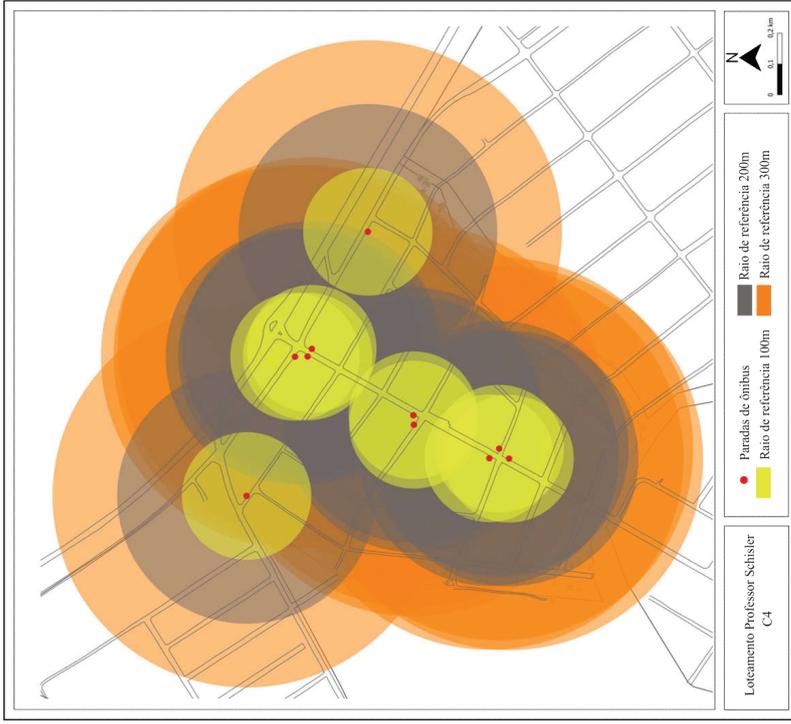
Estudo de caso 01



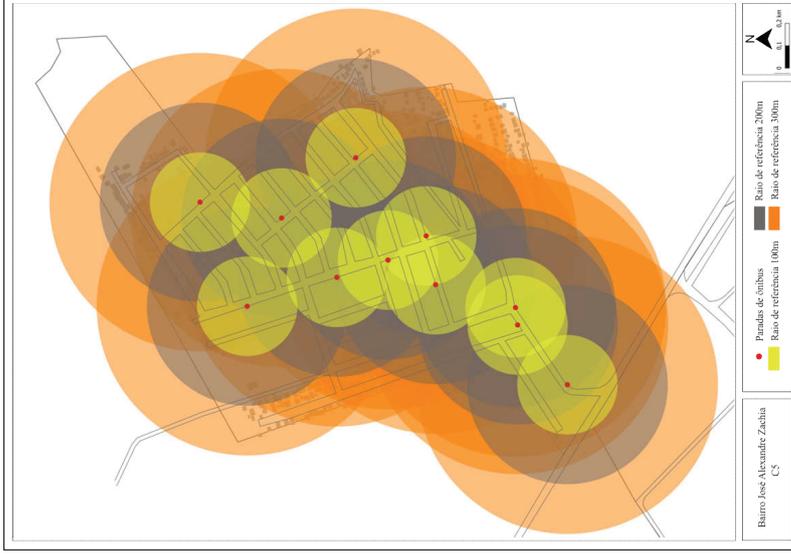
Estudo de caso 03



Estudo de caso 04



Estudo de caso 05



Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.4 Resumo das saídas de medição dos indicadores relevantes

O cálculo e a pontuação de cada indicador relevante para medir a sustentabilidade dos cinco estudos de caso foram descritos nas seções anteriores. A Tabela 20 apresenta o resumo das pontuações para cada estudo de caso. Uma vez que os escores dos indicadores possuem diferentes escalas (unidades), exigem o procedimento de normalização para padronizar suas escalas, a fim de gerar o Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB) e os respectivos índices de cada categoria de sustentabilidade (IASB, IESB, ISSB e IISB).

Tabela 20: Resumo das pontuações dos indicadores

Indicador	Pontuações					Unidade
	C1	C2	C3	C4	C5	
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	0,58	0,50	0,35	0,36	0,36	Valor do índice
B3: Proximidade a espaços verdes	100	76,56	98,99	0	67,26	Percentual
B4: Infraestrutura verde	57,15	39,25	73,50	36,01	31,41	Percentual
B7: Drenagem urbana	50,04	63,80	49,43	70,92	53,66	Percentual
B10: Uso misto	24,87	7,20	9,80	22,11	10,74	Percentual
B18: Redução do consumo de energia	7,97	N/A	13,31	13,64	16,95	Kwh/m ²
B19: Acesso à educação	85,23	97,66	100	100	100	Percentual
B23: Preservação do patrimônio existente	0	0	0,014	0,040	0,112	Unidade
B36: Saneamento básico	100	0	0	0	0	Percentual
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	98,78	94,92	91,74	93,58	100	Percentual
B40: Proximidade ao transporte público	76,22	72,66	100	100	100	Percentual
B42: Cidadania digital	100	100	97,81	38,24	20,5	Percentual

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.5 Normalização baseada na técnica de escala categórica

A técnica de normalização escala categórica utilizada nesta pesquisa pode ser simplificada como mostra a Tabela 21, onde uma escala normalizada superior indica uma melhor sustentabilidade.

Tabela 21: A pontuação original do indicador e sua respectiva escala normalizada

Pontuação original do indicador	Escala normalizada
< 30%	1
30% - 50%	2
50% - 70%	3
70% - 90%	4
Maior 90%	5

Para a maioria dos indicadores, a relação entre pontuação original e sustentabilidade é positiva e, portanto, um maior resultado original obteve maior escala normalizada. No entanto, para dois indicadores, nomeadamente, B18: redução do uso de energia e B23: preservação do patrimônio existente o relacionamento é inversamente proporcional, ou seja, uma nota original mais baixa representa uma melhor sustentabilidade e, portanto, menores pontuações originais obtidas com maior escala normalizada. Considerando a direção da relação entre pontuação original e sustentabilidade, a pontuação original de cada indicador foi convertida em um escore normalizado (utilizando a Equação 1), o resultado é mostrado na Tabela 22.

4.2.4.6 Normalização baseada na técnica acima e abaixo da média

A técnica acima e abaixo da média apresenta três pontuações normalizadas variando de -1 a +1. A Tabela 23 mostra os resultados na conversão das unidades de pontuação originais dos indicadores para uma pontuação normalizada utilizando a Equação 2.

Tabela 22: Pontuação normalizada com base na técnica de escala categórica

Indicador	Pontuação do indicador original					Unidade	Indicador Normalizado				
	C1	C2	C3	C4	C5		C1	C2	C3	C4	C5
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	0,58	0,50	0,35	0,36	0,36	Valor do índice	5	3	1	1	1
B3: Proximidade a espaços verdes	100	76,56	98,99	0	67,26	Percentual	5	4	5	1	3
B4: Infraestrutura verde	57,15	39,25	73,50	36,01	31,41	Percentual	3	1	5	1	1
B7: Drenagem urbana	50,04	63,80	49,43	70,92	53,66	Percentual	1	3	1	5	1
B10: Uso misto	24,87	7,20	9,80	22,11	10,74	Percentual	5	1	1	4	1
B18: Redução do consumo de energia	7,97	N/A	13,31	13,64	16,95	Kwh/m ²	5	N/A	3	3	1
B19: Acesso à educação	85,23	97,66	100	100	100	Percentual	1	4	5	5	5
B23: Preservação do patrimônio existente	0	0	0,014	0,04	0,112	Unidade	5	5	5	2	1
B36: Saneamento básico	100	0	0	0	0	Percentual	5	1	1	1	1
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	98,78	94,92	91,74	93,58	100	Percentual	4	2	1	1	5
B40: Proximidade ao transporte público	76,22	72,66	100	100	100	Percentual	1	1	5	5	5
B42: Cidadania digital	100	100	97,81	38,24	20,5	Percentual	5	5	5	1	1

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 23: Pontuação normalizada com base na técnica acima e abaixo da média

Indicador	Pontuação do indicador original					Unidade	Indicador Normalizado				
	C1	C2	C3	C4	C5		C1	C2	C3	C4	C5
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	0,58	0,50	0,35	0,36	0,36	Valor do índice	1	0	0	0	0
B3: Proximidade a espaços verdes	100	76,56	98,99	0	67,26	Percentual	1	1	1	1	-1
B4: Infraestrutura verde	57,15	39,25	73,50	36,01	31,41	Percentual	1	-1	1	1	-1
B7: Drenagem urbana	50,04	63,80	49,43	70,92	53,66	Percentual	-1	1	-1	1	-1
B10: Uso misto	24,87	7,20	9,80	22,11	10,74	Percentual	1	-1	-1	1	-1
B18: Redução do consumo de energia	7,97	N/A	13,31	13,64	16,95	Kwh/m ²	1	N/A	-1	-1	-1
B19: Acesso à educação	85,23	97,66	100	100	100	Percentual	-1	1	1	1	1
B23: Preservação do patrimônio existente	0	0	0,014	0,04	0,112	Unidade	0	0	0	0	-1
B36: Saneamento básico	100	0	0	0	0	Percentual	1	-1	-1	-1	-1
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	98,78	94,92	91,74	93,58	100	Percentual	1	-1	-1	-1	1
B40: Proximidade ao transporte público	76,22	72,66	100	100	100	Percentual	-1	-1	1	1	1
B42: Cidadania digital	100	100	97,81	38,24	20,5	Percentual	1	1	1	1	-1

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.7 Ponderação de indicadores e agregação de categoria

A atribuição de ponderação baseou-se nos resultados da análise de componentes principais. A Tabela 24 apresenta os resultados dos pesos dos indicadores, juntamente com a categoria agregada.

Tabela 24: Ponderações dos indicadores e categorias agregadas

Indicadores	Ponderação	Categoria Agregada
Ambiental		0,61
B4: Infraestrutura verde	0,760	
B7: Drenagem urbana	0,922	
B10: Uso misto	0,827	
B18: Redução do consumo de energia	0,735	
B36: Saneamento básico	0,729	
Econômico		0,48
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	0,795	
Social		0,63
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	0,819	
B3: Proximidade a áreas verdes	0,859	
B19: Acesso à educação	0,805	
B23: Preservação do patrimônio existente	0,747	
B40: Proximidade ao transporte público	0,813	
Institucional		0,50
B42: Cidadania digital	0,678	

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.8 Cálculo do índice composto de sustentabilidade de bairro

Esta pesquisa aplicou duas técnicas de normalização, a escala categórica (com cinco escalas normalizadas) e a técnica acima e abaixo da média (com três escalas normalizadas). O objetivo da utilização de mais de uma técnica de normalização foi verificar a mais apropriada para a aplicação da avaliação de sustentabilidade de bairro. Após a normalização, ponderação dos indicadores e agregação das categorias foi conduzido o cálculo do índice composto de acordo com a Equação 4.

Com a utilização de duas técnicas de normalização foi possível produzir duas estruturas diferentes para o cálculo do índice de sustentabilidade de bairros. A estrutura denominada A refere-se à técnica de normalização escala categórica. A estrutura B compreende a técnica acima e abaixo da média. Cada uma dessas estruturas foi testada nos

cinco estudos de caso para gerar o índice composto respectivo, os resultados foram apresentados na Tabela 25.

Tabela 25: Índice composto derivado das duas estruturas para os estudos de caso

Indicadores	Estrutura A					Estrutura B				
	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5
Ambiental										
B4: Infraestrutura verde	1,391	0,464	2,318	0,464	0,464	0,464	-0,464	0,464	-0,464	-0,464
B7: Drenagem urbana	0,562	1,687	0,562	2,812	0,562	-0,562	0,562	-0,562	0,562	-0,562
B10: Uso misto	2,522	0,504	0,504	2,018	0,504	0,504	-0,504	-0,504	0,504	-0,504
B18: Redução do consumo de energia	2,242	N/A	1,345	1,345	0,448	0,448	N/A	-0,448	-0,448	-0,448
B36: Saneamento básico	2,223	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445	-0,445	-0,445	-0,445	-0,445
Econômico										
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	1,526	0,763	0,382	0,382	1,908	0,382	-0,382	-0,382	-0,382	0,382
Social										
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	2,580	1,548	0,516	0,516	0,516	0,516	0,000	0,000	0,000	0,000
B3: Proximidade a áreas verdes	2,706	2,165	2,706	0,541	1,624	0,541	0,541	0,541	-0,541	-0,541
B19: Acesso à educação	0,507	2,029	2,536	2,536	2,536	-0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
B23: Preservação do patrimônio existente	2,353	2,353	2,353	0,941	0,471	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,471
B40: Proximidade ao transporte público	0,512	0,512	2,561	2,561	2,561	-0,512	-0,512	0,512	0,512	0,512
Institucional										
B42: Cidadania digital	1,695	1,695	1,695	0,339	0,339	0,339	0,339	0,339	-0,339	-0,339
Total dos estudos de caso	20,82	14,16	17,92	14,90	12,38	2,06	-0,36	0,02	-0,53	-2,37
Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro	0,73	0,50	0,63	0,52	0,43	0,36	-0,06	0,00	-0,09	-0,42

* Estrutura: A = escala categórica; B = acima e abaixo da média

Fonte: Autora, 2020.

4.2.4.9 Análise de incerteza

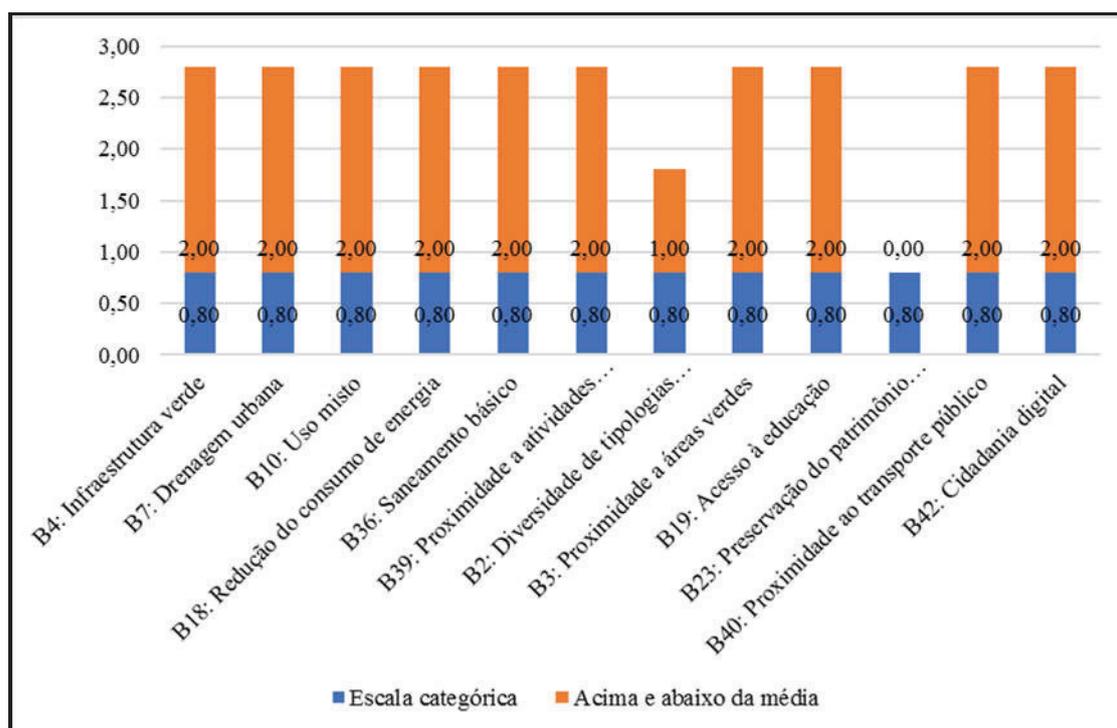
Com base nos resultados da Tabela 25 foi realizada a análise de incerteza para verificar a consistência das técnicas utilizadas na normalização. Na estrutura A que utilizou a técnica de escala categórica para normalização dos indicadores, o estudo de caso C1 obteve nível médio alto de sustentabilidade e os estudos de casos C2, C3 e C4 obtiveram níveis de sustentabilidade médio. Já a estrutura B que utilizou a técnica acima e abaixo da média classificou o estudo de caso C1 com nível de sustentabilidade médio baixo e o estudo de caso C3 com nível baixo. Como os resultados apresentaram diferenças entre as duas técnicas de normalização, e sendo necessário selecionar apenas uma estrutura que seja

a mais adequada para a avaliação, o nível de sensibilidade foi calculado para cada indicador.

4.2.4.10 Análise de sensibilidade

Para o cálculo da análise de sensibilidade os valores de índice composto foram derivados da Tabela 22 e Tabela 23, aplicados na Equação 5. A Figura 44 apresenta os resultados do índice de sensibilidade para todos os indicadores com base nas técnicas de normalização utilizadas nesta pesquisa. Os resultados demonstram que o índice de sensibilidade para a escala categórica obteve 0,80 para todos os indicadores analisados. Enquanto, o índice para a técnica acima e abaixo da média variou de 0,00 a 2,00, onde um indicador obteve 0,00, os demais obtiveram 2,00.

Figura 44: Índice de sensibilidade para as duas técnicas de normalização



Fonte: Autora, 2020.

Como o índice de sensibilidade com um valor menor indica que o indicador é menos sensível ao índice composto. Isso mostra que o indicador (B23: preservação do patrimônio existente) foi menos sensível e, portanto, menos confiável para avaliar a sustentabilidade de bairro quando usado com a técnica acima e abaixo da média. No

entanto, o indicador demonstra confiabilidade quando usado com a técnica da escala categórica. Ao comparar essas duas técnicas, a técnica de normalização de escala categórica é mais apropriada para o desenvolvimento da estrutura tendo em vista que todos os indicadores foram sensíveis e confiáveis para medir a sustentabilidade.

4.3 Aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro e cálculo dos índices

A estrutura desenvolvida visa dar suporte aos profissionais envolvidos e aos promotores de políticas públicas na geração do ICSB e seus respectivos índices por categoria (IASB, IESB, ISSB, IISB), identificação dos níveis de sustentabilidade de bairros existentes, tendo em vista um conjunto de indicadores relevantes que contemplam os quatro domínios da sustentabilidade. A estrutura poderá ser aplicada em qualquer bairro existente de municípios com população inferior a 250.000 habitantes. Com o intuito de facilitar sua aplicação foi desenvolvido um Manual de aplicação que consta no Apêndice H.

Após o cálculo de saída dos indicadores nos estudos de caso, a normalização, ponderação e agregação, a Tabela 26 mostra o índice composto de sustentabilidade de bairro geral, os índices compostos de sustentabilidade por categoria e o respectivo nível de sustentabilidade para o índice geral. A coloração indicada nos indicadores normalizados segue a mesma classificação do nível do índice, ou seja: o escore 5 indica alto nível de sustentabilidade, 4 indica nível médio alto de sustentabilidade, o escore de 3 indica um nível médio, enquanto o escore de 2 indica nível médio baixo de sustentabilidade e o escore 1 indica um baixo nível de sustentabilidade.

Na Tabela 27 estão apresentados os indicadores normalizados e as representações gráficas dos índices por categorias de sustentabilidade para cada estudo de caso, comparados com o limiar de sustentabilidade estabelecido na pesquisa de 0,70.

Tabela 26: Índice composto de sustentabilidade de bairro e o nível de sustentabilidade nos cinco estudos de caso

Indicadores	Indicador normalizado					Ponderação	Categoria agregada	Índice composto				
	C1	C2	C3	C4	C5			C1	C2	C3	C4	C5
Ambiental (ICSBA)								0,74	0,31	0,43	0,58	0,20
B4: Infraestrutura verde	3	1	5	1	1	0,760		1,391	0,464	2,318	0,464	0,464
B7: Drenagem urbana	1	3	1	5	1	0,922		0,562	1,687	0,562	2,812	0,562
B10: Uso misto	5	1	1	4	1	0,827	0,61	2,522	0,504	0,504	2,018	0,504
B18: Redução do consumo de energia	5		3	3	1	0,735		2,242	N/A	1,345	1,345	0,448
B36: Saneamento básico	5	1	1	1	1	0,729		2,223	0,445	0,445	0,445	0,445
Econômico (ICSBE)								0,80	0,40	0,20	0,20	1,00
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	4	2	1	1	5	0,795	0,48	1,526	0,763	0,382	0,382	1,908
Social (ICSBS)								0,68	0,68	0,84	0,56	0,60
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	5	3	1	1	1	0,819		2,580	1,548	0,516	0,516	0,516
B3: Proximidade a áreas verdes	5	4	5	1	3	0,859		2,706	2,165	2,706	0,541	1,624
B19: Acesso à educação	1	4	5	5	5	0,805	0,63	0,507	2,029	2,536	2,536	2,536
B23: Preservação do patrimônio existente	5	5	5	2	1	0,747		2,353	2,353	2,353	0,941	0,471
B40: Proximidade ao transporte público	1	1	5	5	5	0,813		0,512	0,512	2,561	2,561	2,561
Institucional (ICSBI)								1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
B42: Cidadania digital	5	5	5	1	1	0,678	0,50	1,695	1,695	1,695	0,339	0,339
Total dos estudos de caso								20,82	14,16	17,92	14,90	12,38
Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro								0,73	0,50	0,63	0,52	0,43
Nível de Sustentabilidade								4	3	3	3	2

Fonte: Autora, 2020.

Níveis de sustentabilidade**Índice**

Nível baixo de sustentabilidade	1	0,00-0,30
Nível médio baixo de sustentabilidade	2	0,30-0,50
Nível médio de sustentabilidade	3	0,50-0,70

Índice

Nível médio alto de sustentabilidade	4	0,70-0,90
Nível alto de sustentabilidade	5	0,90-1,00

Tabela 27: Índice de sustentabilidade de bairro por categoria e os indicadores normalizados para cada estudo de caso

Estudo de caso (C1): Bairro Vergueiro		Indicador normalizado	Nível de sustentabilidade	
Indicadores normalizados	B2: Diversidade de tipologias habitacionais	5	Alto	
	B3: Proximidade a áreas verdes	5		
	B10: Uso misto	5		
	B18: Redução do consumo de energia	5		
	B23: Preservação do patrimônio existente	5		
	B36: Saneamento básico	5		
	B42: Cidadania digital	5	Médio alto	
	B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	4		
	B4: Infraestrutura verde	3		Médio
	B7: Drenagem urbana	1		Baixo
B19: Acesso à educação	1			
B40: Proximidade ao transporte público	1			

Com base nos escores dos indicadores normalizados gerados a partir das análises de dados espaciais, o estudo de caso C1, classificado na análise de cluster como alta renda, registra uma pontuação total de 5 (alto) em 7 indicadores, pontuação de 4 (médio alto) e 3 (médio) com um indicador cada e, três indicadores com pontuação de 1 (baixo). Verificando os níveis de sustentabilidade dos indicadores, uma boa sustentabilidade foi alcançada devido a sua alta pontuação em 8 indicadores, que envolvem a diversidade de tipologias habitacionais, proximidade a áreas verdes e a atividades de uso cotidiano, uso misto, redução do consumo de energia, preservação do patrimônio existente, saneamento básico e cidadania digital. Por outro lado, atinge baixo nível de sustentabilidade em três indicadores, nomeadamente, drenagem urbana, acesso à educação e proximidade ao transporte público. a) drenagem urbana: maioria dos lotes possuem edificações de fundo de lote, provavelmente destinadas a espaços que apóiam as áreas de lazer ou educuais, possuindo uma maior taxa de ocupação do lote; b) acesso à educação: as escolas presentes no bairro atendem aproximadamente 85% da população, comparado com os demais estudos, apresentou menor percentual, ocasionando a necessidade de deslocamentos para acessar escolas localizadas em outros bairros; c) proximidade ao transporte público: as três paradas de ônibus localizadas no bairro não atendem toda a população. De certo modo, em bairros de alta renda o transporte público possui baixa frequência de uso, seus moradores se deslocam preferencialmente por veículos particulares. Além disso, outros fatores como a falta de segurança, conforto e muitas vezes, a privacidade contribuem para a baixa adesão das pessoas que residem nestes locais e consequentemente, apontam para uma condição insatisfatória no indicador.

Índices compostos por categoria de sustentabilidade

Índice por Categoria de Sustentabilidade
Estudo de caso (C1)

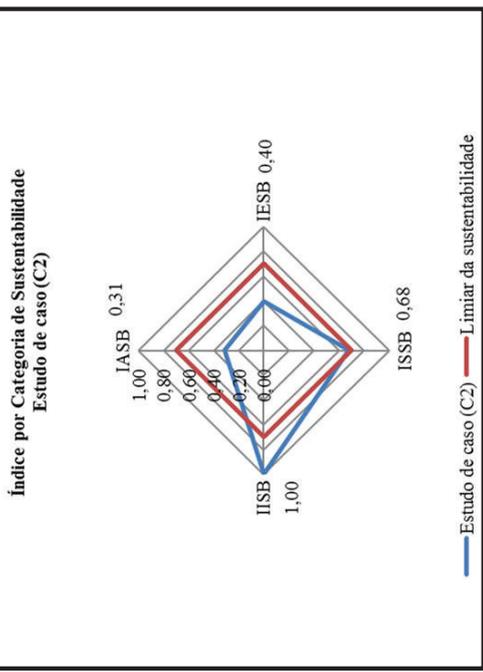
— Estudo de caso (C1) — Limiar da sustentabilidade

No estudo de caso C1, os IASB e IESB indicaram nível médio alto de sustentabilidade, o ISSB obteve nível médio e o IISB obteve alto nível de sustentabilidade. Os indicadores que contribuíram com a classificação média alta no IASB foram B10: uso misto, B18: redução do consumo de energia e B36: saneamento básico, ambos com os maiores valores. O indicador B7: drenagem urbana apresentou o menor valor. No ISSB, os indicadores B3: proximidade a áreas verdes e B2: diversidade de tipologias habitacionais apresentaram os maiores valores, já os indicadores B19: acesso à educação e B40: proximidade ao transporte público obtiveram os menores valores. Os índices das categorias ambiental, econômica e institucional apresentaram valores acima do limiar da sustentabilidade.

Estudo de caso (C2): Loteamento Morada da Colina		
Indicadores	Indicador normalizado	Nível de sustentabilidade
B23: Preservação do patrimônio existente	5	Alto
B42: Cidadania digital	5	Alto
B3: Proximidade a áreas verdes	4	Médio alto
B19: Acesso à educação	4	Médio alto
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	3	Médio
B7: Drenagem urbana	3	Médio
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	2	Médio baixo
B4: Infraestrutura verde	1	Baixo
B10: Uso misto	1	Baixo
B36: Saneamento básico	1	Baixo
B40: Proximidade ao transporte público	1	Baixo
B18: Redução do consumo de energia	NA	

Os resultados dos níveis de sustentabilidade para o caso C2, classificado na análise de cluster como renda média alta se apresentam no quadro ao lado dos indicadores normalizados. Os níveis mais altos de sustentabilidade possuem quatro indicadores, os quais dois possuem nível alto de sustentabilidade, são eles: preservação do patrimônio existente e cidadania digital. A proximidade a áreas verdes e acesso à educação, compõem os dois indicadores que apresentaram nível médio alto de sustentabilidade.

Os níveis baixos de sustentabilidade se referem a infraestrutura verde, uso misto, saneamento básico e proximidade ao transporte público. O bairro possui pouca arborização urbana, maior parte do uso do solo residencial, não apresenta rede pública de coleta de esgoto. Quanto ao transporte público é atendido por uma única linha de transporte, possuindo duas paradas de ônibus, que se localizam na área limitrofe do bairro. Percebe-se que a maioria dos moradores não utilizam o transporte público com frequência, preferem deslocamentos com veículos particulares. Fator que pode estar relacionado a renda e aos motivos mencionados na análise anterior do estudo de caso (C1), segurança, conforto e privacidade.



O estudo de caso C2 obteve alto nível de sustentabilidade no IISB e acima do limiar de sustentabilidade. Nível médio no ISSB, com contribuição dos indicadores B23: preservação do patrimônio existente e B3: proximidade a áreas verdes, nesta categoria o indicador que menos contribuiu foi B40: proximidade ao transporte público. O IESB e o IASB obtiveram nível médio baixo de sustentabilidade, sendo que neste último, os indicadores B36: saneamento básico e B4: infraestrutura verde apresentaram os menores valores e o indicador B7: drenagem urbana o maior valor.

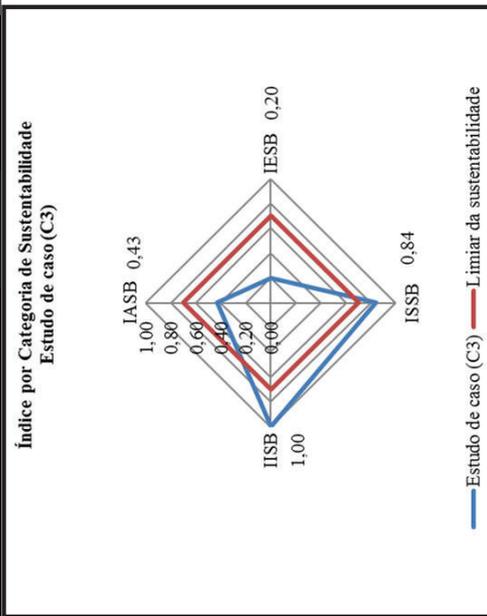
Índices compostos por categoria de sustentabilidade

Estudo de caso (C3): Loteamento César Santos		
Indicadores	Indicador normalizado	Nível de sustentabilidade
B3: Proximidade a áreas verdes	5	Alto
B4: Infraestrutura verde	5	Alto
B19: Acesso à educação	5	Alto
B23: Preservação do patrimônio existente	5	Alto
B40: Proximidade ao transporte público	5	Alto
B42: Cidadania digital	5	Alto
B18: Redução do consumo de energia	3	Médio
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	1	Baixo
B7: Drenagem urbana	1	Baixo
B10: Uso misto	1	Baixo
B36: Saneamento básico	1	Baixo
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	1	Baixo

O estudo de caso C3 classificado como média renda na análise de cluster apresenta seis indicadores com nível alto de sustentabilidade. São eles: proximidade a áreas verdes, infraestrutura verde, acesso à educação, preservação do patrimônio existente, proximidade ao transporte público, cidadania digital.

Os resultados do nível baixo de sustentabilidade se referem à diversidade de tipologias habitacionais, drenagem urbana, uso misto, saneamento básico e proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano. Os fatores relacionados à drenagem urbana se referem ao baixo percentual das superfícies permeáveis, alta taxa de ocupação dos lotes. O bairro possui poucos estabelecimentos comerciais e de serviço, bem como estabelecimentos de uso cotidiano, possuindo apenas um mini-mercado no acesso ao bairro. Possui dois tipos de tipologias habitacionais, ambas residências isoladas de um e dois pavimentos, além de três edificações classificadas como aglomerado subnormal. O bairro não possui rede pública de coleta de esgoto.

Índices compostos por categoria de sustentabilidade



O índice da categoria ambiental (IASB) obteve nível médio baixo no estudo de caso C3. O indicador que mais contribuiu com esse nível foi B4: infraestrutura verde, e o indicador que sinaliza atenção é o B36: saneamento básico. O IESB obteve baixo nível de sustentabilidade e o IISB alto nível de sustentabilidade. O ISSB obteve nível médio alto de sustentabilidade e os indicadores com contribuição para esse nível foram B3: proximidade a áreas verdes e B40: proximidade ao transporte público, o indicador que menos contribuiu foi B2: diversidade de tipologias habitacionais.

No estudo de caso C3 os índices IASB e IESB resultaram valores abaixo do limiar da sustentabilidade, demonstrando que essas categorias necessitam de atenção, principalmente nos indicadores que obtiveram nível baixo de sustentabilidade.

Estudo de caso (C4): Loteamento Professor Schisler		
Indicadores	Indicador normalizado	Nível de sustentabilidade
B7: Drenagem urbana	5	Alto
B19: Acesso à educação	5	Alto
B40: Proximidade ao transporte público	5	Alto
B10: Uso misto	4	Médio Alto
B18: Redução do consumo de energia	3	Médio
B23: Preservação do patrimônio existente	2	Médio baixo
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	1	
B3: Proximidade a áreas verdes	1	
B4: Infraestrutura verde	1	
B36: Saneamento básico	1	Baixo
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	1	
B42: Cidadania digital	1	

Índice por Categoria de Sustentabilidade	Estudo de caso (C4)	Limiar da sustentabilidade
IASB 0,58	0,20	0,20
IISB 0,20	0,20	0,20
ISSB 0,56	0,20	0,20

Índice por Categoria de Sustentabilidade
Estudo de caso (C4)

— Estudo de caso (C4) — Limiar da sustentabilidade

Os resultados dos níveis de sustentabilidade para o estudo de caso C4 classificado na análise de cluster com renda média baixa demonstram que três indicadores pontuaram com alto nível de sustentabilidade, sendo drenagem urbana, acesso à educação e proximidade ao transporte público. Analisando os escores dos indicadores, seis indicadores atingem níveis baixos de sustentabilidade, nomeadamente, diversidade de tipologias habitacionais, proximidade a áreas verdes, infraestrutura verde, saneamento básico, proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano e cidadania digital. A maioria das edificações são de uso residencial unifamiliar, do tipo isolada no lote, ocasionando uma baixa diversidade de tipologias. O bairro não possui área verde e coleta pública de rede de esgoto. Há dois estabelecimentos comerciais de uso cotidiano. Os moradores possuem baixos percentuais de conectividade.

No estudo de caso C4 o IASB apresentou nível médio. Nesse caso, o indicador B7: drenagem urbana foi o que mais contribuiu para o resultado e, B36: saneamento básico, o que menos contribuiu. Os IESB e IISB obtiveram baixos níveis de sustentabilidade. O ISSB resultou em nível médio, com os indicadores B40: proximidade ao transporte público e B19: acesso à educação com melhores níveis, em contraponto o indicador B2: diversidade de tipologias habitacionais e B3: proximidade a áreas verdes sinalizam atenção. Todos os índices resultaram abaixo do limiar da sustentabilidade.

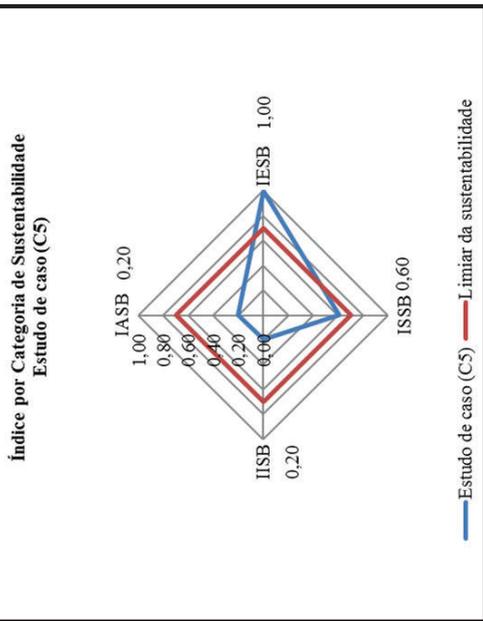
Índices compostos por categoria de sustentabilidade

Estudo de caso (C5): Bairro José Alexandre Zuchia		
Indicadores	Indicador normalizado	Nível de sustentabilidade de
B19: Acesso à educação	5	Alto
B39: Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	5	Alto
B40: Proximidade ao transporte público	5	Alto
B3: Proximidade a áreas verdes	3	Médio
B2: Diversidade de tipologias habitacionais	1	Baixo
B4: Infraestrutura verde	1	Baixo
B7: Drenagem urbana	1	Baixo
B10: Uso misto	1	Baixo
B18: Redução do consumo de energia	1	Baixo
B23: Preservação do patrimônio existente	1	Baixo
B36: Saneamento básico	1	Baixo
B42: Cidadania digital	1	Baixo

Os níveis de sustentabilidade do estudo de caso C5 classificado como renda baixa na análise de cluster mostram níveis altos no acesso à educação, proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano e transporte público.

Os níveis baixos atingem a maioria dos indicadores (8) relacionados a diversidade de tipologias habitacionais, infraestrutura verde, drenagem urbana, uso misto, redução do consumo de energia, preservação do patrimônio existente, saneamento básico e cidadania digital.

O bairro possui residências isoladas no lote de um, dois pavimentos e geminadas, apresenta edificações classificadas como aglomerados subnormais, essa oferta não permite uma variedade de atendimento a diferentes classes econômicas. Com relação a infraestrutura verde não possui regularidade na distribuição de arborização urbana, muitas vias estão isentas de arborização. O uso do solo predominante residencial e as edificações públicas presentes no bairro apresentam um alto consumo de energia. O bairro possui três ocupações irregulares, o baixo nível de sustentabilidade da preservação do patrimônio existente se deve ao fato, principalmente, da primeira ocupação apresentar a maioria das habitações degradadas, comprometendo a habitabilidade dos moradores. O sistema de saneamento não é realizado pela rede pública de coleta de esgoto, a maioria da população residente não possui acesso à internet.



Índices compostos por categoria de sustentabilidade

Os IASB e IISB no estudo de caso C5 apresentaram níveis baixos de sustentabilidade. No IASB o indicador com melhor desempenho foi B7: drenagem urbana e o menor desempenho foi B36: saneamento básico. O IESB obteve alto nível de sustentabilidade. O ISSB apresentou nível médio de sustentabilidade, com os indicadores B40: proximidade ao transporte público e B19: acesso à educação com melhores desempenhos e com menor B23: preservação do patrimônio existente. Comparado com o limiar da sustentabilidade os IASB e IISB indicam atenção.

Fonte: Autora, 2020.

A análise dos indicadores por estudo de caso e os índices por categoria de sustentabilidade permite apontar potencialidades e deficiências observadas nos resultados apresentados anteriormente para o alcance da sustentabilidade de bairro.

As potencialidades identificadas nos estudos de caso C1, C2 e C3 se relacionam à proximidade de áreas verdes, na categoria social. As áreas verdes fornecem espaços ao ar livre, melhoram a qualidade de vida e têm uma associação positiva com a saúde mental, devido ao incentivo a mais atividades físicas e interações sociais (ABU KASIM *et al.*, 2019; HAQ, 2011; QIN *et al.*, 2021). Além de permitir que os moradores tenham contato com os recursos naturais.

Para o ambiente urbano a presença dos espaços verdes contribui com a qualidade do ar, clima urbano, valorização da propriedade devido à proximidade e visuais, além de reduzir os custos de energia dos edifícios com refrigeração (HAQ, 2011). Satterthwaite (1997) coloca que dentre as ações para alcançar o desenvolvimento sustentável está dispor espaços abertos em quantidade e qualidade para atender diferentes camadas da população.

A infraestrutura verde no estudo de caso C3 obteve o melhor desempenho, comparado aos demais estudos. A presença de árvores nas calçadas públicas bloqueia a luz solar excessiva, regula o microclima urbano e atenua os efeitos das ilhas de calor. As árvores são benéficas como barreiras acústicas para amortecer o ruído do tráfego, purificar o ar e criar habitats, contribuindo para a biodiversidade urbana, além de fornecer um suplemento alimentar (ABNT, 2017; MASCARÓ; MASCARÓ, 2015).

Os pontos fracos se relacionam à proximidade do transporte público nos bairros C1 e C2, na categoria social. Fato que corrobora com os resultados de Mezzomo *et al.* (2018) ao avaliar os pontos de ônibus em dois bairros de Campo Mourão/PR. Os autores constataram que o bairro com moradores de maior poder aquisitivo não possui cobertura significativa de transporte público.

Nos bairros C4 e C5 o acesso ao transporte público contribuiu positivamente nesta categoria, pois permite o acesso da maioria dos residentes no raio até 200m, bem como o acesso à escola. Ambos os bairros possuem escola de ensino fundamental e educação infantil o que auxilia o atendimento de diferentes faixas etárias.

O uso misto e a redução do consumo de energia apresentaram contribuições no bairro C1. O uso misto é percebido por diversos autores como facilitadores de deslocamentos peatonais, contribuindo com a saúde e qualidade de vida dos moradores (FRANK *et al.*, 2006; GIRLING; KELLETT, 2005; SAELENS *et al.*, 2003). Já a redução

do consumo de energia contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, o que pode ajudar no combate às mudanças climáticas e alcançar uma economia de baixo carbono (ABNT, 2017).

O saneamento básico foi identificado como deficitário nos bairros C2, C3, C4 e C5 pela inexistência de rede pública de esgotamento sanitário, na categoria ambiental. O esgotamento realizado via fossa rudimentar, praticado em muitas residências dos estudos C4 e C5, para Lima (2013) é vista com preocupação por apresentarem riscos ambientais de contaminação do solo e da água, além de afetar a saúde humana. O saneamento básico, também, foi constatado deficitário por falta de domicílios ligados a rede de coleta nas análises de Gonçalves e Kunen (2016) e no bairro com menor renda em Mezzomo *et al.* (2018).

A oferta de atividades comerciais de uso cotidiano obteve valores maiores no bairro C5 e C1. A presença de disponibilidade de estabelecimentos próximos às residências e serviços locais é considerado por Girling e Kellett (2005) como estratégias para criar comunidades saudáveis. Especificamente, no estudo de caso (C5) a oferta de atividades comerciais pode estar relacionada à localização do bairro em relação ao centro comercial da cidade.

Na categoria institucional, o indicador da cidadania digital demonstrou fragilidade na conectividade nos bairros C4 e C5. A cidadania digital está relacionada à conectividade entre as pessoas. Entende-se que uma comunidade conectada é mais sustentável. Segundo a AARP (2018), a internet não é apenas uma opção, é uma necessidade. O serviço de internet se torna crucial para ajudar a comunidade a se manter informada e conectada e abre novos canais para o crescimento dos negócios.

De modo geral, alguns indicadores podem ser percebidos como recorrentes em diversos bairros se forem consideradas as classificações de renda em outras cidades médias, tais como: proximidade a áreas verdes, saneamento básico e proximidade ao transporte público. O indicador proximidade a áreas verdes contribuiu para melhores níveis de sustentabilidade nos estudos classificados com rendas mais elevadas (alta, média alta e média), em contraponto não atinge nível satisfatório de sustentabilidade nos casos com renda média baixa e baixa. O indicador saneamento básico atinge nível alto de sustentabilidade no estudo com renda alta, para as demais classificações apresenta níveis insuficientes. O indicador proximidade ao transporte público não atendeu integralmente o acesso nos estudos com alta e média alta rendas, em virtude da mobilidade urbana dos

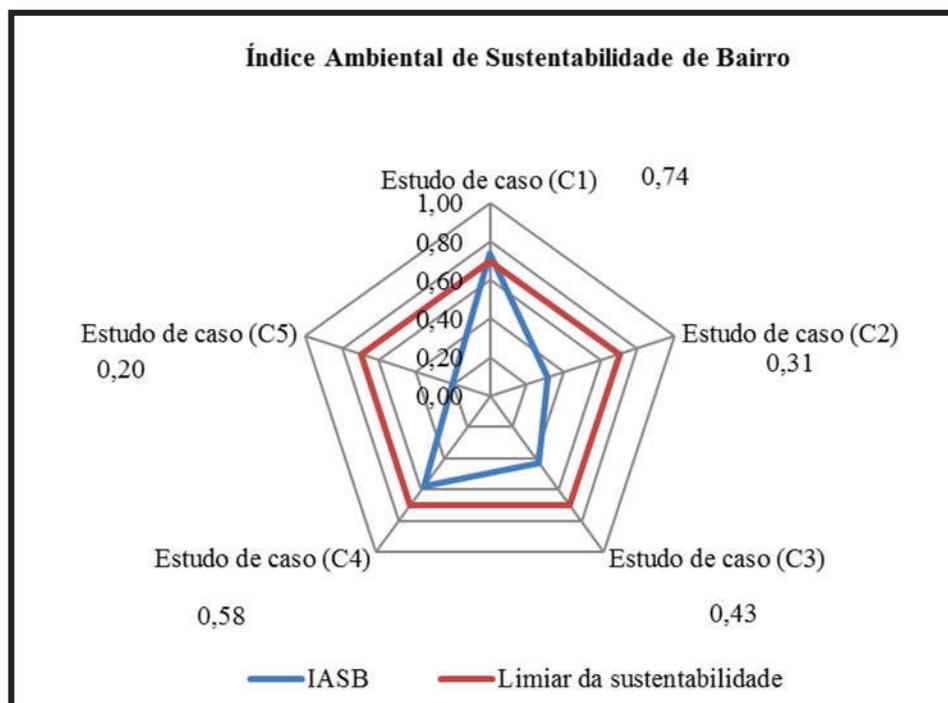
moradores desses bairros estarem voltados para deslocamentos prioritariamente por veículos particulares.

Os indicadores que possuem menores níveis de sustentabilidade representam fragilidades no bairro, ao mesmo tempo, apresentam oportunidades ao poder público para propor melhorias.

4.3.1 Índice ambiental de sustentabilidade de bairro (IASB)

A categoria ambiental é composta pelos seguintes indicadores: infraestrutura verde, drenagem urbana, uso misto, redução do consumo de energia e saneamento básico. A Figura 45 apresenta o IASB para cada um dos estudos. O índice varia de 0,74 para o C1 a 0,20 para o C5. Indica que os bairros estudados estão com níveis médio alto a baixo de sustentabilidade, comparados com o limiar de sustentabilidade os estudos C2, C3, C4 e C5 apresentam situações indesejáveis.

Figura 45: Índice Ambiental de Sustentabilidade de Bairro (IASB)



Fonte: Autora, 2020.

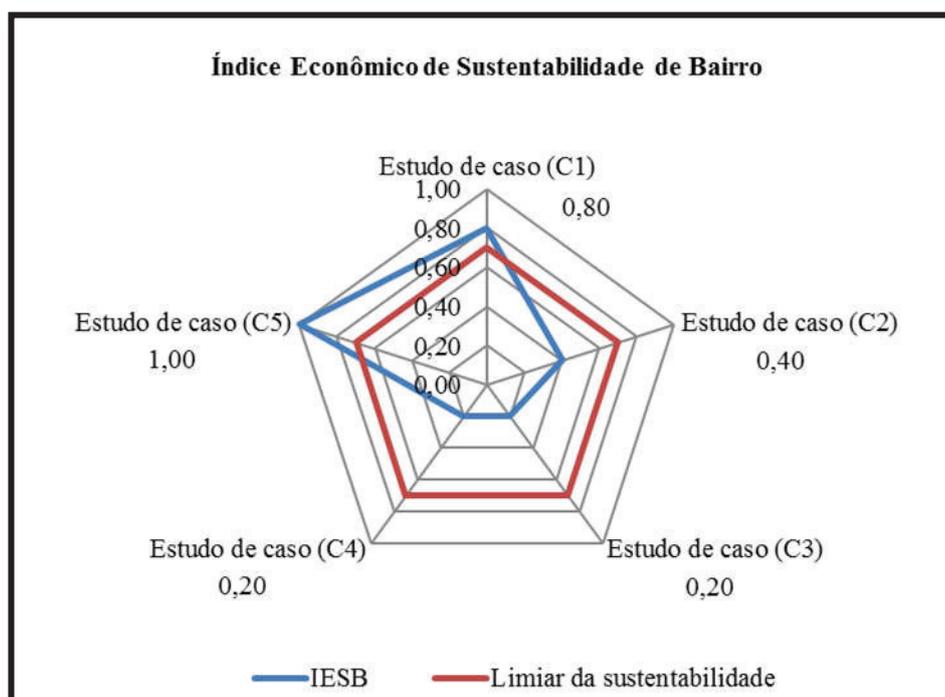
O melhor desempenho foi obtido pelo estudo C1 com valor de índice de 0,74. Os indicadores que contribuíram para esse desempenho foram uso misto, com valor composto

de 2,522, redução do uso de energia, 2,242 e saneamento básico com 2,223. Comparado com os demais estudos estes indicadores se destacam positivamente neste bairro. O saneamento básico nos demais bairros obteve um nível baixo de sustentabilidade, se tornando um indicador sinalizador de atenção. Para que os bairros melhorem seus níveis de sustentabilidade necessitam de intervenção pública nesse setor. O baixo nível de sustentabilidade percebido no estudo C5 se relaciona ao fato de todos os indicadores da categoria obter baixo desempenho, demonstrando que o bairro com menor faixa de renda necessita de investimentos e implementação de políticas públicas para que possa melhorar seu desempenho perante a sustentabilidade urbana.

4.3.2 Índice econômico de sustentabilidade de bairro (IESB)

O indicador proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano compõe a categoria econômica. Com relação ao desempenho que os estudos apresentaram perante este indicador o índice foi gerado e está ilustrado na Figura 46. Este indicador mede o percentual de residências localizadas a menos de 400m de diferentes tipos de atividades comerciais de uso cotidiano.

Figura 46: Índice Econômico de Sustentabilidade de Bairro (IESB)



Fonte: Autora, 2020.

O estudo C5 obteve melhor desempenho perante os demais, pois possui diversos estabelecimentos comerciais no bairro, facilitando o acesso da população. Os estudos C3 e C4 apresentaram níveis baixos de sustentabilidade no índice, 0,20 cada, em decorrência de possuírem número reduzido de estabelecimentos, deixando de atender uma pequena parcela da população residente. No estudo C3 um único estabelecimento foi identificado, localizado na entrada do bairro, dificultando o acesso dos moradores que residem nas extremidades opostas.

Comparados com limiar de sustentabilidade os estudos C2, C3 e C4 necessitariam empreender um ou dois estabelecimentos no bairro para atingir níveis melhores de sustentabilidade.

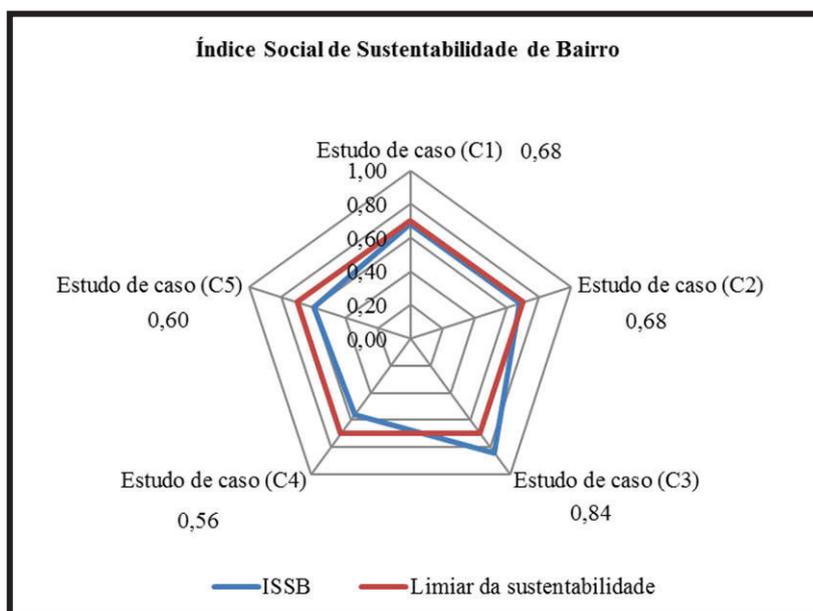
4.3.3 Índice social de sustentabilidade de bairro (ISSB)

Os indicadores diversidade de tipologias habitacionais, proximidade a áreas verdes, acesso à educação, preservação do patrimônio existente e proximidade do transporte público compõem a categoria social e o ICSBS. O índice varia de 0,84 a 0,56 nos estudos de caso analisados e ilustrados na Figura 47.

O estudo de caso C3 obteve o melhor desempenho nesse índice, por apresentar a maioria dos indicadores com níveis altos de sustentabilidade, apenas necessitando melhorar o desempenho do indicador diversidade de tipologias habitacionais.

O desempenho insatisfatório perante os demais foi o estudo de caso C4, pois apresentou três indicadores com índice baixo (diversidade de tipologias habitacionais, 0,516 e proximidade a áreas verdes 0,541) e médio baixo de sustentabilidade (preservação do patrimônio existente 0,941). O estudo de caso C5 apresentou índice 0,60, porém necessita melhorar o desempenho do indicador preservação do patrimônio existente, decorrente das inúmeras edificações degradadas presentes nas ocupações irregulares.

Figura 47: Índice Social de Sustentabilidade de Bairro (ISSB)

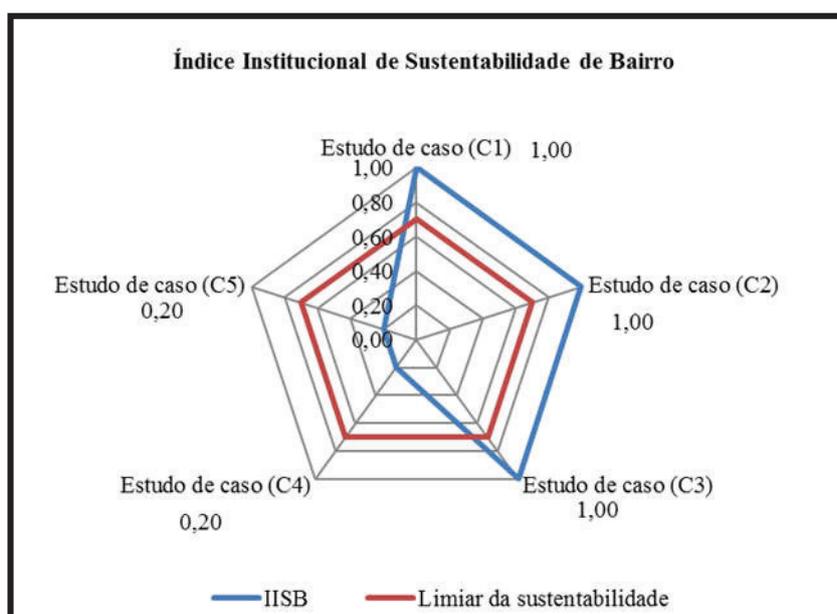


Fonte: Autora, 2020.

4.3.4 Índice institucional de sustentabilidade de bairro (IISB)

O índice composto de sustentabilidade de bairro institucional é determinado pelo indicador cidadania digital, que mede a proporção da população residente com acesso à internet. Nesse sentido, o IISB apresentado na Figura 48 demonstra que os estudos classificados com renda média baixa e baixa, C4 e C5, respectivamente, obtiveram o menor índice.

Figura 48: Índice Institucional de Sustentabilidade de Bairro (IISB)

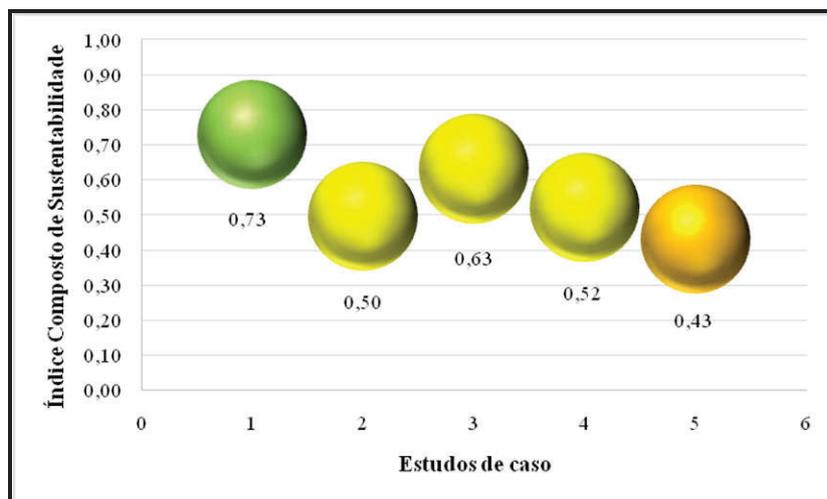


Fonte: Autora, 2020

4.3.5 Índice composto de sustentabilidade de bairro (ICSB)

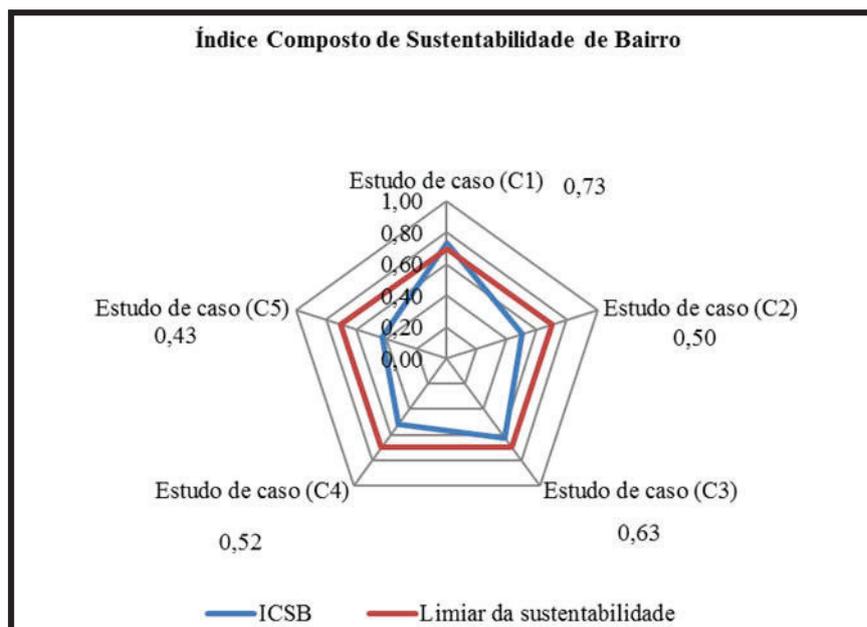
Os resultados finais do ICSB indicaram nível médio alto de sustentabilidade para o caso C1, nível médio para os casos C2, C3 e C4 e nível baixo de sustentabilidade para o caso C5, conforme ilustra a Figura 49. A Figura 50 mostra o ICSB comparado ao limiar de sustentabilidade, demonstrando que os casos C2, C3, C4 e C5 estão com sustentabilidade indesejável.

Figura 49: Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB) e o nível de sustentabilidade



Fonte: Autora, 2020.

Figura 50: Índice composto de sustentabilidade de bairro (ICSB)



Fonte: Autora, 2020.

A utilização do ICSB permitiu identificar a influência da renda no nível de sustentabilidade dos bairros, sendo que nos estudos de caso efetuados observou-se que o bairro classificado com renda alta (C1) obteve o nível médio alto de sustentabilidade. Os bairros classificados com renda média alta (C2), média (C3) e média baixa (C4) obtiveram nível médio de sustentabilidade. E o bairro classificado com renda baixa (C5) obteve nível baixo de sustentabilidade.

4.4 Sustentabilidade de bairro: síntese dos resultados

Neste item se apresenta uma análise qualitativa dos indicadores potenciais frente aos princípios de sustentabilidade adotados no Quadro 27 do item 4.2.1 Estrutura conceitual. Também são apresentados alguns indicadores que necessitam de revisão após a aplicação nos estudos de casos.

Categoria Ambiental: o princípio adotado se referia a: Manter ambiente urbano saudável. Implementar infraestrutura urbana eficiente e eficaz, priorizando minimizar as diversas formas de poluição, emissão de resíduos e proliferação de doenças. Incentivar soluções que reduzam o uso de energia e água, ponderando a utilização dos recursos naturais. Incentivar programas de valorização ambiental dos bairros. Os indicadores potenciais selecionados foram: infraestrutura verde, drenagem urbana, uso misto, redução de consumo de energia e saneamento básico.

Na categoria ambiental a maioria dos princípios foi atendida pelos indicadores potenciais estabelecidos a partir da análise fatorial.

Categoria econômica: Oportunizar negócios locais, fornecendo opções econômicas diversificadas, que atenda às necessidades cotidianas dos moradores. O indicador potencial nesta categoria foi proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano. Nesta categoria o indicador selecionado atendeu integralmente o princípio adotado.

Categoria social: Assegurar o acesso à saúde, educação, habitação, espaços verdes, transporte e ambiente seguro. Incentivar as relações sociais e a preservação da identidade do bairro. Os indicadores potenciais nesta categoria foram: diversidade de tipologias habitacionais, proximidade a espaço verde, acesso à educação, preservação do patrimônio existente e proximidade ao transporte público. Nesta categoria os indicadores atendem praticamente todos os princípios adotados.

Categoria institucional: Incentivar a participação da comunidade na tomada de decisões e permitir acesso à informação a todos os residentes. A cidadania digital foi o indicador potencial selecionado nesta categoria, atendendo parcialmente os princípios.

Os indicadores potenciais selecionados a partir da análise fatorial conseguiram contribuir com 70,57% na avaliação da sustentabilidade de bairro, isto se reflete na ausência de medição de alguns princípios. Os princípios que os indicadores potenciais não contemplaram na categoria ambiental: minimizar poluição, redução do uso da água, emissão de resíduos e utilização dos recursos naturais. O acesso à saúde e ambiente seguro medições na categoria social e na categoria institucional não foi selecionado indicador para medir a participação da comunidade.

O conjunto de indicadores potenciais aplicados nos estudos de caso conseguiu atender ao proposto de medir a sustentabilidade, conseguindo traduzir em dados a realidade dos bairros avaliados. No entanto, após a finalização da aplicação da estrutura dois indicadores indicaram que deverão passar por refinamentos futuros, vinculados a escolha da saída de medição para que possam informar com melhor precisão a realidade que está sendo avaliada. Os indicadores foram: B18: redução do consumo de energia e o B2: diversidade de tipologias habitacionais. Nesse processo de aplicação e análise dos resultados outros dois indicadores quando realizado uma análise visual e expedita dos resultados, indicaram equívocos de interpretação, sendo B4: infraestrutura verde e B39: proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano.

Indicador B18: redução do consumo de energia: o indicador B18 refere-se ao consumo de energia de edifícios públicos por ano (Kwh/m²). A saída de medição vinculada aos edifícios públicos se deve ao fato de que o controle para redução do consumo de energia pelo poder público poderia ser mais eficiente e eficaz, no momento em que se indica o monitoramento. No entanto, quando aplicado nos estudos de caso, se percebeu alguns pontos: o estudo de caso C1 possui uma edificação pública com princípios de controle do consumo de energia implementado, o nível de sustentabilidade ficou alto. No estudo C5, com quatro edifícios públicos apresentou nível baixo. Nos estudos C3 (duas edificações) e C4 (quatro edificações) apresentaram nível médio de sustentabilidade.

A partir dos níveis encontrados se iniciou uma análise pormenorizada dos valores totais utilizados para o cálculo do indicador, a fim de comparações, inicialmente entre os estudos C4 e C5, por possuírem o mesmo número de edifícios públicos (escola fundamental e infantil, ginásio e unidade de saúde). Comparando os níveis de

sustentabilidade finais (médio e baixo, respectivamente) e a metragem quadrada das edificações C4 (3.658,19m²) e C5 (3.549,80m²), verificou-se que o consumo em C5 foi bem superior a C4, indicando que estas edificações deveriam passar por vistoria para identificar ações para implementar redução. Já no estudo C2 o indicador não foi aplicado, pois não há edificação pública. Dessa maneira, o nível de sustentabilidade do estudo C2 no geral apresentou deficiência, acredita-se em função de não possuir edificação pública e não ter computado no cálculo do índice esse indicador. O indicador que contempla a redução do consumo de energia é importante para a sustentabilidade, no entanto se observou que a escolha de medição utilizada na avaliação pode distorcer o nível de sustentabilidade de um bairro que não possua edificação pública.

Indicador B2: diversidade de tipologias habitacionais: o indicador B2 se refere a diversidade de tipologias habitacionais presente nos bairros avaliados. Para um bairro apresentar princípios sustentáveis, segundo a Un-Habitat (2014), cada tipologia habitacional não deve ser superior a 50% do total, em um bairro residencial. Para atender esse princípio a diversidade de tipologias deve incluir um mix social, integrando habitações para pessoas de diferentes faixas de renda. Isto não se reflete nos resultados dos bairros avaliados, pois o indicador aplicado na avaliação se refere apenas ao tipo habitacional, não leva em conta a renda do proprietário/locatário, tampouco o valor do imóvel. O alto nível de sustentabilidade do estudo C1 está atrelado ao fato de possuir muitos apartamentos localizados nas faces lindeiras do bairro. Este bairro específico avaliado por ser um bairro de alta renda, apresenta um alto nível de segregação em relação ao restante da cidade, também não há previsão na legislação urbana municipal que possibilite implementação de habitações que contemple outro nível de renda neste bairro. Dessa maneira, para utilização deste indicador em outras avaliações deve ficar claro que se refere apenas aos tipos de habitações existentes, para que não haja divergências com a realidade ou leitura equivocada por parte dos gestores.

Indicador B4: infraestrutura verde: se refere a quantidade de árvores existentes nas vias. Em uma avaliação visual dos estudos de caso C1, C2 e C5 (Figura 39) se observam que a maioria das vias possuem árvores, porém quando se analisa o porte, o nível de sustentabilidade fica comprometido. No estudo C5, o nível baixo foi devido a inexistência de arborização nas ocupações irregulares. No estudo C2 o nível baixo se deve ao fato da maioria das vias apresentarem árvores de porte pequeno. No estudo C1, com nível médio de sustentabilidade, as árvores presentes no canteiro da Avenida Sete de Setembro não

foram computadas por pertencerem a outro bairro. Para que o indicador apresente níveis satisfatórios de sustentabilidade a maioria das vias devem apresentar diversidade de porte de árvores.

Indicador B39: proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano: se refere a porcentagem de residências localizadas a menos de 400m de diferentes tipos de atividades comerciais de uso diário, considerando acesso simultâneo a cinco atividades. As atividades consideradas de uso diário adotadas na estrutura foram: padaria, fruteira, açougue, produtos variados em pequenas lojas, farmácia, revisteira, produtos variados em mercados. Essas atividades não necessariamente devem estar em edificações individuais, podem estar integradas em uma única edificação, por exemplo, mercado e mini-mercado. Na estrutura foram considerados as seguintes atividades no mercado: padaria, açougue e fruteira, além de computar os produtos variados e de pequenas lojas (no caso de venda de bazar) e alguns casos revisteira. Dessa maneira, o bairro que possuía um mercado com todas as atividades mencionadas foi considerado com cinco ou quatro atividades.

Essa determinação de incluir em uma mesma edificação as diversas atividades deve ficar claro na descrição do indicador. No estudo de caso C5 foram identificados 11 estabelecimentos, distribuídos em mini-mercado (5), padaria (4) e fruteiras (2) atendendo a simultaneidade de acesso, resultando em nível alto de sustentabilidade. Os estudos de caso C3 e C4 com baixo nível de sustentabilidade, o estudo C2 com nível médio baixo de sustentabilidade, ainda que atendendo acima de 90% das residências, possuem de um a dois estabelecimentos. Comparando o estudo C2 e C4 ambos com dois estabelecimentos cada e diferentes níveis, pode-se relacionar com a localização dos estabelecimentos, ambos próximos e na mesma via, o que impediu o acesso simultâneo de uma parte da população do bairro. Para atingir níveis mais satisfatórios de sustentabilidade os estabelecimentos devem ser instalados dispersos no bairro, pois a concentração comprometeria o acesso da população a pé, tendo em vista as análises da Figura 42.

Diante dos resultados conclui-se que a estrutura traduziu a condição dos bairros avaliados. No entanto, a análise final dos indicadores mencionados neste item, não deve se deter apenas ao nível de sustentabilidade resultante, mas realizar uma análise pormenorizada, integrando os dados e as imagens para que possam contribuir com a sustentabilidade urbana do bairro e fomentar a implementação de políticas públicas que sanem os níveis baixos de sustentabilidade.

5 CONCLUSÕES

A pesquisa atendeu ao objetivo geral, visto que foi possível a geração de índice composto de sustentabilidade de bairros existentes, a partir de indicadores selecionados em estudos e ferramentas da literatura, com procedimentos estatísticos validados por análise de componentes principais, aplicados em estudos de caso de cidade média brasileira. As limitações observadas se referem à coleta de dados, com ausência de banco de dados para consulta on-line, reduzida disponibilidade de informações atualizadas nos órgãos públicos de pesquisa e, à escolha do método de cálculo de alguns indicadores.

Com base nos resultados da pesquisa, pode-se aferir que a revisão sistemática de literatura sobre princípios de sustentabilidade e ferramentas de avaliação de sustentabilidade de bairro (*Neighbourhood Sustainability Assessment – NSA*) mostra-se uma fonte adequada de identificação de indicadores relevantes nas dimensões da sustentabilidade assumidas pela comunidade interessada. A utilização de estudos anteriores desenvolvidos e aplicados em diversos países demonstra a diversidade de abordagens, constituindo um banco de informações de indicadores e de índices, cuja adequabilidade e relevância podem ser analisadas preliminarmente, com base em objetivos, metas e estratégias.

A inclusão de quadro conceitual composto por dois níveis hierárquicos possibilitou a análise e comparação dos indicadores identificados nas NSA. Com o delineamento das análises em etapas foi possível identificar um conjunto abrangente de indicadores. Análises pormenorizadas de conteúdo permitiram a seleção de indicadores relevantes, além de verificar a importância relativa dos indicadores ambientais e sociais nos campos de pesquisa e desenvolvimento de sustentabilidade. Os critérios estabelecidos resultaram em indicadores potenciais para medir os níveis de sustentabilidade dos bairros existentes.

A validação dos indicadores potenciais realizada na modalidade *top-down* por pesquisadores expertises combinada com a modalidade *bottom-up* por participantes moradores de bairros ou interessados na temática constitui-se uma técnica que permite aproximar objetivos de desenvolvimento mais amplos, com situações e contextos mais particulares. Na pesquisa de opinião informatizada, o número de participantes, a seleção de indicadores preliminares e a periodicidade podem variar dependendo das possibilidades e necessidades de cada localidade.

Ao adotar os métodos estatísticos de análise fatorial, análise de componentes principais, com os adequados testes estatísticos, é possível partir de uma quantidade maior de indicadores e compactar para componentes principais, formando uma estrutura de avaliação compacta relevante, que neste estudo resultaram na formulação do ICSB. A eficácia do procedimento estatístico utilizado reflete o resultado do conjunto extraído com variância total em torno de 70%. As ferramentas informatizadas de análise estatísticas, muitas de livre acesso, oportunizam que haja adequação local e temporal em curto prazo para aplicação sistemática de NSA. Selecionando um número e tipo de indicadores viáveis, relevantes e disponíveis, é possível efetuar a coleta de dados de fontes públicas ou privadas e a composição de índice de sustentabilidade de bairros existentes, embasando políticas de gestão e desenvolvimento rumo a melhorias.

A aplicação da estruturação de avaliação em cinco bairros selecionados por meio de análise de clusters pelas variáveis renda e população total, resultou em processo que avaliou cada estudo de caso e permitiu a análise comparativa, além de identificar a influência da renda no nível de sustentabilidade dos bairros. Dessa forma, o bairro classificado com renda alta obteve índice médio alto de sustentabilidade seguido dos bairros com renda média, média baixa e média alta com nível médio de sustentabilidade. E o bairro classificado com renda baixa obteve nível médio baixo de sustentabilidade. Apesar de serem bairros representativos de cidade média brasileira, demonstrou-se a viabilidade de utilização da estrutura de forma pontual, sugerindo que a aplicação periódica e ampla demonstraria o progresso no rumo da sustentabilidade urbana. O uso de indicadores baseados em dados de diferentes fontes e em diferentes formatos exige a sua adequação por meio de procedimentos de normalização, ponderação e agregação. Desta forma, foi possível validar a composição do índice, e verificar a facilidade de aplicação.

A pesquisa contribui com o estado da arte sobre sustentabilidade na escala de bairro, no momento em que propõe um índice composto de sustentabilidade de bairro. Para a obtenção do índice desenvolve uma estrutura de avaliação flexível. A estrutura ora proposta pode ser aplicada na forma em que se apresenta ou com ajustes, tanto nas dimensões, na quantidade e no tipo de indicadores, quanto na sua contribuição e ponderação para a formação do índice. Portanto, o processo de proposição de estrutura de avaliação adotado neste estudo, pode ser tanto um modelo a ser replicado, quanto um guia aberto para desenvolvimento de estruturas específicas de avaliação de sustentabilidade de bairros existentes, adaptado ao contexto socioterritorial abordado.

Essa abordagem de avaliação de sustentabilidade de bairro existente se encontra incipiente no contexto brasileiro, relacionado à avaliação de sustentabilidade com base em indicadores urbanos, quanto na proposição de um índice geral de sustentabilidade. As lacunas observadas foram incorporadas na proposição da estrutura de avaliação deste estudo reforçando sua iniciativa inovadora em auxiliar com a sustentabilidade urbana em nível de bairro. A estrutura de avaliação contribui com o diagnóstico das potencialidades e dos pontos deficitários, pois fornece uma análise pormenorizada individual de cada indicador, análise por categoria e índice geral. A estrutura também facilita comparações de sustentabilidade ao longo do tempo como meio de monitorar as mudanças no nível de sustentabilidade. Assim, os resultados gerados a partir desta estrutura de avaliação podem fornecer evidências para os profissionais envolvidos e os promotores de políticas públicas para uma efetiva aplicação de investimentos pautados em dados, e apoiar decisões responsáveis na mitigação e melhoria dos níveis de sustentabilidade do ambiente urbano dos bairros, melhorando a sustentabilidade urbana da cidade como um todo.

A estrutura de avaliação possui potencial para auxiliar a promoção do planejamento sustentável em nível local, que atualmente é limitado. A proposta de incluir uma estrutura de avaliação nos mecanismos existentes de desenvolvimento e planejamento representa uma abordagem para introduzir elementos de sustentabilidade no sistema de planejamento local. Além, de contribuir com proposições de requisitos de sustentabilidade, o que se mostra um desafio pois envolve não apenas considerações legais, mas a incorporação da sustentabilidade na comunidade local.

Como em outras áreas do conhecimento, a formulação de ferramentas de avaliação é um tema aberto e em constante evolução. O avanço do conhecimento e da tecnologia permite sedimentar os processos de construção de novas formas de obter qualidade de vida. Neste caso o foco esteve em bairros existentes mais sustentáveis, como unidades potenciais de qualificação das cidades, as quais estão atraindo e concentrando as populações de forma acelerada.

Para pesquisas futuras recomenda-se incorporar na estrutura de avaliação a categoria cultural, que poderá demandar outros formatos de coleta de dados, como por exemplo, entrevistas com a comunidade avaliada. Sugere-se, que novas pesquisas utilizem outras técnicas de normalização, possibilitando a testagem de novos cenários. A expansão do número de casos é recomendável, pois pode permitir refinamentos da estrutura, sendo enquadrados a outros contextos. Recomenda-se modificar os procedimentos de cálculo dos

indicadores: redução do consumo de energia e diversidade de tipologias habitacionais, considerando como base as metas de sustentabilidade para aplicação. A proposição de inserção da estrutura na etapa de projeto permitirá testagem e refinamentos necessários para sua implementação. A implementação de banco de dados municipais e de bairros mais completos, incorporando mais indicadores de acordo com o contexto a ser avaliado, para permitir o monitoramento e auxiliar no planejamento local. Bem como, a utilização de ferramentas informatizadas para coleta, sistematização, análise e publicação de resultados para equipes gestores e para a comunidade.

6 REFERÊNCIAS

- AARP. **What is the Livability Index?** 2015a. Disponível em: <https://livabilityindex.aarp.org/livability-defined>. Acesso em: 24 jan. 2019.
- AARP. **The most livable places at 50+**. 2015b. Disponível em: https://www.aarp.org/home-family/your-home/best-places-to-live.html?cmp=mstlvbl015_apr15_015. Acesso em: 24 jan. 2019.
- AARP. **How are Livability scores determined?**. 2015c. Disponível em: <https://livabilityindex.aarp.org/how-are-livability-scores-determined>. Acesso em: 24 jan. 2019.
- AARP. **AARP Livability Index**. 2018a. Disponível em: <https://livabilityindex.aarp.org/categories/housing>. Acesso em: 25 jan. 2019.
- AARP. **Livability Index**. 2018b. Disponível em: <https://livabilityindex.aarp.org/>. Acesso em: 25 jan. 2019.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 37120:2017**: Desenvolvimento sustentável de comunidades. Rio de Janeiro, 2017.
- ABU KASIM, J.; MOHD YUSOF, M. J.; MOHD SHAFRI, H. Z. The Many Benefits of Urban Green Spaces. **CSID Journal of Infrastructure Development**, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 103-116, 2019. DOI: 10.32783/csid-jid.v2i1.47. Disponível em: <http://jid.eng.ui.ac.id/index.php/journal/article/view/47>. Acesso em: 04 jul. 2020.
- ACSELRAD, H. Desregulamentação, contradições espaciais e sustentabilidade urbana. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n. 107, p. 25-38, jul./dez. 2004.
- ADEWUMI, A.; ONYANGO, V.; MOYO, D.; ALWAER, H. A review of selected neighbourhood sustainability assessment frameworks using the Bellagio STAMP. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, Reino Unido, v. 37, n. 1, p. 108-118, 2019. DOI:10.1108/IJBPA-07-2018-0055. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJBPA-07-2018-0055/full/html>. Acesso em: 02 set. 2019.
- AEUB. **Guía metodológica para los sistemas de auditoría, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano**. Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento. Espanha, 2012. Disponível em: <http://www.bcneologia.net/sites/default/files/publicaciones/docs/certificacion-urbanismo-ecologico.pdf>. Acesso em: 11 março 2020.
- AKANDE, A.; CABRAL, P.; GOMES, P.; CASTELEYN, S. The Lisbon Ranking for Smart Sustainable Cities in Europe. **Sustainable Cities and Society**, Holanda, v. 44, p.

475-487, 2019. DOI: 10.1016/j.scs.2018.10.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670718308138>. Acesso em: 24 mar. 2019.

AKKAR ERCAN, M. Challenges and conflicts in achieving sustainable communities in historic neighbourhoods of Istanbul. **Habitat International**, Reino Unido, v. 35, n. 2, p. 295–306, 2011. Doi:10.1016/j.habitatint.2010.10.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397510000688>. Acesso em: 07 maio 2020.

AMEEN, R. F. M.; MOURSHED, M.; LI, H. A critical review of environmental assessment tools for sustainable urban design. **Environmental Impact Assessment Review**, Estados Unidos, n. 55, p. 110–125, 2015. DOI:10.1016/j.eiar.2015.07.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925515000736>. Acesso em: 13 fev. 2018.

AMIN, S. R.; TAMIMA, U. Spatial pattern of sustainable urban development indicator for the Montreal urban community. **Journal of Architecture and Urbanism**, Reino Unido, v. 39, n. 4, p. 220–231, 2015. DOI:10.3846/20297955.2015.1113900. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/20297955.2015.1113900>. Acesso em: 24 mar. 2019.

ARCHITECTURE 2030. **About us**. 2016. Disponível em: <http://architecture2030.org/about/>. Acesso em: 14 jan. 2019.

ARCHITECTURE 2030. **The 2030 challenge for planning**. 2018. Disponível em: https://architecture2030.org/2030_challenges/2030_challenge_planning/. Acesso em: 14 jan. 2019.

ARSLAN, T. V.; DURAK, S.; AYTAC, D. O. Attaining SDG11: can sustainability assessment tools be used for improved transformation of neighbourhoods in historic city centers? **Natural Resources Forum**, Reino Unido, n. 40, p. 180–202, 2016. DOI: 10.1111/1477-8947.12115. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1477-8947.12115>. Acesso em: 23 jan. 2018.

AURBACH, L. **TND design ratings standards**: Version 2.2. 2005. Disponível em: <http://www.tndtownpaper.com/rating.htm>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BAHADURE, S.; KOTHARKAR, R. Framework for measuring sustainability of neighbourhoods in Nagpur, India. **Building and Environment**, Reino Unido, n. 127, p. 86-97, 2018. DOI: 10.1016/j.buildenv.2017.10.034. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132317304924>. Acesso em: 13 fev. 2018.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARNES, E.; PARRISH, K. Small buildings, big impacts: The role of small commercial building energy efficiency case studies in 2030 Districts. **Sustainable Cities and Society**, Holanda, n. 27, p. 210–221, 2016. DOI:10.1016/j.scs.2016.05.015. Disponível em: <http://https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221067071630097X> Acesso em: 23 jan. 2019.

BARRERA-ROLDÁN, A.; SALDÍVAR-VALDÉS, A. Proposal and application of a Sustainable Development Index. **Ecological Indicators**, Holanda, v. 2, n. 3, p. 251–256, 2002. DOI:10.1016/s1470-160x(02)00058-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X02000584>. Acesso em: 21 ago. 2019.

BECKER, J. Measuring progress towards sustainable development. An: Ecological framework for selecting indicators. **Local Environment**, Reino Unido, v. 10, n. 1, p. 87-101, fev. 2005. DOI: 10.1080=1354983042000309333. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1354983042000309333>. Acesso em: 10 jan. 2018.

BELL, S.; MORSE, S. Breaking through the Glass Ceiling: Who really cares about sustainability indicators? **Local Environment**, Reino Unido, v. 6, n. 3, p. 291–309, 2001. DOI:10.1080/13549830120073284. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13549830120073284>. Acesso em: 05 set. 2019.

BELL, S.; MORSE, S. **Measuring sustainability**: Learning by doing. London: Earthscan. 2003.

BERARDI, U. Sustainability assessment of urban communities through rating systems. *Environment. Development and Sustainability*, n. 15, p. 1573-1591, 2013. DOI: 10.1007/s10668-013-9462-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-013-9462-0> Acesso: 13 fev. 2018.

BETTANY-SALTIKOV, J. Learning how to undertake a systematic review: part 1. **Nursing Standard**, Reino Unido, v. 24, n.50, p. 47-55. 2010. DOI: 10.7748/ns2010.08.24.50.47.c7939. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20865948/>. Acesso em: 25 fev. 2018.

BICHIR, R. M. Determinantes do acesso à infraestrutura urbana no município de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 24, n. 70, p. 75-89, jun. 2009.

BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; CANDIDA, A.; NATALI, C. Systematic review in software engineering. Rio de Janeiro: COPPE/URFJ, 2005. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~in1037/leitura/systematicReviewSE-COPPE.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2018.

BONAT, D. **Metodologia da Pesquisa**. 3. ed. Curitiba: IESDE Brasil S. A., 2009.

BOSSSEL, H. **Indicators for sustainable development**: theory, method, applications. Winnipeg, International Institute for Sustainable Development, 1999.

BOTTERO, M. A multi-methodological approach for assessing sustainability of urban projects. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, Reino Unido, v. 26, n. 1, p. 138 – 154, 2015. DOI: 10.1108/MEQ-06-2014-0088. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MEQ-06-2014-0088/full/html>. Acesso em: 14 out. 2017.

BOUTAUD, B. Quartier durable ou éco-quartier?. **Cybergeo: European Journal of geography**, [En ligne], Débats, Quartier durable ou éco-quartier ?, Bélgica, 2009. Disponível em: <https://journals.openedition.org/cybergeo/22583#quotation>. Acesso em: 10 out. 2017.

BRAGANÇA, L.; CONDE, K. M.; ALVAREZ, C. E. de. Proposta de indicadores de avaliação de sustentabilidade urbana para países Latino-americanos. *In*: ENCONTRO NACIONAL SOBRE REABILITAÇÃO URBANA E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2. Universidade do Minho, Braga. **Livro de Atas** [...], p. 85-94, 978-989-96543-9-6, 2017. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/49966>. Acesso em: 05 abr. 2019.

BRAULIO-GONZALO, M.; BOVEA, M. D.; RUÁ, M. J. Sustainability on the urban scale: proposal of a structure of indicators for the Spanish context. **Environmental Impact Assessment Review**, Estados Unidos, n. 53, p. 16–30, 2015. DOI: 10.1016/j.eiar.2015.03.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925515000311>. Acesso em: 13 mar. 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 08 out. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.394/1996**. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9394-20-dezembro-1996-362578-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 11 abril 2020.

BRASIL. **Lei nº 10.257**, de 10 de julho de 2001: regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 de jul. 2001. Disponível em: www.senado.gov.br. Acesso em: 08 out. 2017.

BRASIL. **Manual de reabilitação de áreas urbanas centrais**. Brasília: Ministério das Cidades/Aeci, 2008.

BRE. **Green guide to specification**. 2015. Disponível em: <https://www.bre.co.uk/greenguide/podpage.jsp?id=2126>. Acesso em: 8 abr. 2018.

BRE. **BREEAM Communities technical manual SD 202 0.1:2012**. Versão 2012. 2013. Disponível em: <https://www.breeam.com>. Acesso em: 8 abr. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

CASTELLO, I. R. **Bairros, loteamentos e condomínios**: elementos para o projeto de novos territórios habitacionais. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

CENTENO, J. A. S; ANTUNES, A. F. B; TREVISAN, S; CORREA, F. Mapeamento de áreas permeáveis usando uma metodologia orientada a regiões e imagens de alta resolução. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 55, n. 1, 2006. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43487>. Acesso em: 12 março 2020.

CHOGUILL, M. B. G. A ladder of community participation for underdeveloped countries. **Habitat International**, Reino Unido, v. 20, n. 3, p. 431–44, 1996. DOI:10.1016/0197-3975(96)00020-3. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0197397596000203>. Acesso em: 14 ago. 2019.

CHOGUILL, C. L. The search for policies to support sustainable housing. **Habitat International**, Reino Unido, v. 31, n. 1, p. 143–149, 2007. DOI: 10.1016/j.habitatint.2006.12.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397506000555>. Acesso em: 08 maio 2020.

CHOGUILL, C. L. Developing sustainable neighbourhoods. **Habitat International**, Reino Unido, v. 32, n. 1, p. 41–48, 2008. DOI:10.1016/j.habitatint.2007.06.007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397507000379>. Acesso em: 13 fev. 2018.

COSTA, H. S. de M. Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição em termos? **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, São Paulo, n. 2, p. 55-71, mar. 2000. DOI: 10.22296/2317-1529.2000n2p55. Disponível em: <https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/37>. Acesso em: 20 jan. 2018.

CRESWELL, J. W. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa**: escolhendo entre cinco abordagens. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

CRESWELL, J. W.; PLANO CLARK, V. L. **Designing and conducting mixed methods research**. Thousand Oaks, CA: Sage, 2007.

CRESWELL, J. W.; PLANO CLARK, V. L. **Pesquisa de métodos mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

CRITERION PLANNERS. **Index PlanBuilder planning support system: User Notebook**. Portland, Oregon, April 2007. [Online]. Disponível em: <http://www.montgomeryplanning.org/transportation/documents/INDEXPlanBuilder.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2020.

CRITERION PLANNERS. **A Global survey of urban sustainability rating tools, criterion planners**. Portland, Oregon, November 2014. [Online]. Disponível em: http://crit.com/wp-content/uploads/2014/11/criterion_planners_sustainability_ratings_tool.pdf. Acesso: 07 jan. 2019.

DALY, H. E. Crescimento sustentável? Não, obrigado. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 7, n 2, p. 197-201, jul.-dez. 2004.

DAWODU, A.; AKINWOLEMIWA, B.; CHESHMEHZANGI, A. A conceptual re-visualization of sustainability pathways for the development of Neighborhood Sustainability Assessment Tools (NSATs). **Sustainable Cities and Society**, Holanda, v. 28, p. 398-410, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.11.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670716305625>. Acesso em: 23 jan. 2018.

DEAKIN, M.; CURWELL, S.; LOMBARDI, P. Sustainable urban development: the framework and directory of assessment. **Journal of Environmental Assessment Policy and Management**, Singapura, v. 4, n. 2, p. 171–197, 2002. DOI:10.1142/s1464333202000978. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S1464333202000978>. Acesso em: 16 maio 2019.

DEMPSEY, N.; BRAMLEY, G.; POWER, S.; BROWN, C. The social dimension of sustainable development: Defining urban social sustainability. **Sustainable Development** Estados Unidos, v. 19, n. 5, p. 289–300, 2011. DOI: 10.1002/sd.417. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sd.417>. Acesso em: 25 mar. 2019.

EDWARDS, B. **Guia básica de la sostenibilidad**. Barcelona: Gustavo Gilli SA, 2004.

EGAN, J. **The Egan Review: skills for sustainable communities**. Londres: Crown. 2004. Disponível em: http://dera.ioe.ac.uk/11854/1/Egan_Review.pdf. Acesso em: 03 out. 2017.

EKINS, P. Environmental sustainability: from environmental valuation to the sustainability gap. **Progress in Physical Geography**, Reino Unido, v. 35, n.5, p. 629–651, 2011. DOI: 10.1177/0309133311423186. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309133311423186>. Acesso em: 01 maio 2019.

ELGADI, A. A.; ISMAIL, L. H. A review of sustainable neighborhood indicator for urban development in Libya. **ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences**. Paquistão, v. 11, n.4, p. 2607-2613, 2016. Disponível em: https://www.arnpjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0216_3692.pdf. Acesso em: 11 maio 2018.

FARR, D. **Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza**. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FÁVERO, L. P. L., BELFIORE, P. P. **Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com excel, SPSS e stata**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte público urbano**. 2ª edição. São Carlos: Rima, 2004.

FIDLER, D., OLSON, R., BEZOLD, C. Evaluating a Long-Term Livable Communities Strategy in the U.S. **Futures**, Reino Unido, n. 43, p. 690–696, 2011. DOI:10.1016/j.futures.2011.05.010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016328711001170>. Acesso em: 24 jan. 2019.

FIELD, A. **Descobrimo a estatística usando o SPSS**. Tradução: Lorí Viali. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOLADORI, G. Avances y límites de la sustentabilidad social. **Economía, Sociedad y Território**, México, v. 3, n. 12, p. 621-637, 2002. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/111/11112307.pdf>. Acesso em: 01 maio 2019.

FRANK, L. D.; SALLIS, J. F.; CONWAY, T. L.; CHAPMAN, J. E.; SAELENS, B. E.; BACHMAN, W. Many pathways from land use to health: Associations between neighborhood walkability and active transportation, body mass index, and air quality. **Journal of the American Planning Association**, Reino Unido, v. 72, n. 1, p. 75-87, 2006. DOI: 10.1080/01944360608976725. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944360608976725>. Acesso em: 04 jul. 2020.

FRASER, E. D. G.; DOUGILL, A. J.; MABEE, W. E.; REED, M.; MCALPINE, P. Bottom up and top down: Analysis of participatory processes for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management. **Journal of Environmental Management**, Estados Unidos, v. 78, n. 2, p. 114–127, 2006. DOI:10.1016/j.jenvman.2005.04.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479705001659>. Acesso em: 16 jul. 2019.

FU, Y., ZHANG, X. Trajectory of urban sustainability concepts: a 35-year bibliometric analysis. **Cities**, Reino Unido, n. 60, p. 113–123, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275116304188>. Acesso em: 14 out. 2017.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI [FCAV]. **Referencial Técnico de Certificação** – Processo Aqua Bairros e Loteamentos. Parte I – Guia Prático. Setembro 2011. Versão 0.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI [FCAV]. **Referencial Técnico de Certificação** – Processo Aqua Bairros e Loteamentos. Parte QAB – Qualidade Ambiental do Bairro. Setembro 2011a.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI [FCAV]. **Referencial Técnico de Certificação** – Processo Aqua Bairros e Loteamentos. Parte II – Sistema de Gestão do Bairro/Loteamento. Setembro 2011b.

GALLOPÍN, G. **A systems approach to sustainability and sustainable development**. United Nations, 2003.

GEHL, J. **Cidades para Pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

GHELLERE, M.; DEVITOFRANCESCO, A.; MERONI, I. Urban sustainability assessment of neighborhoods in Lombardy. In: **International Conference – Future Buildings & Districts – Energy Efficiency from Nano to Urban Scale**, CISBAT 2017, 6-8 September 2017, Lausanne, Switzerland. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.07.310. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217329089>. Acesso em: 23 jan. 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2019.

GIL, J.; DUARTE, J. P. Tools for evaluating the sustainability of urban design: a review. **Urban Design and Planning**, Reino Unido, v. 166, n. DP6, p. 311–325, Dec. 2013. DOI:10.1680/udap.11.00048. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/udap.11.00048>. Acesso em: 14 out. 2017.

GIRLING, C.; KELLETT, R. **Skinny streets and green neighbourhoods: design for environmental and Community**. Washington DC: Island Press. 2005.

GONÇALVES, M. A.; KUNEN, A. Análise de indicadores de sustentabilidade no espaço urbano: aplicação em loteamentos da cidade de Francisco Beltrão-PR. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN URBANISMO, 8, 2016, Barcelona-Balneário Camboriú. **Anais [...]**. Barcelona: DUOT, 2016. Disponível em: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/101712>. Acesso em: 20 jan. 2018.

GONZALEZ, F. **A estruturação urbana e a participação da comunidade: a unidade de vizinhança, o bairro e a evolução sociocultural do cidadão**. Editora da Universidade/UFRGS: Porto Alegre, 1994.

GROAT, L.; WANG, D. **Architectural Research Methods**. Canadá: John Willy & Sons, INC. 2002.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BADIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Tradução Adonai Schlups Sant'Ana. 6. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAPPIO, A. Towards sustainable urban communities. **Environmental Impact Assessment Review**, Estados Unidos, n.32, p.165–169, 2012. DOI: 10.1016/j.eiar.2011.08.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925511000849>. Acesso em: 11 fev. 2018.

HAN, Y.; DAI, L.; ZHAO, X.; YU, D.; WU, S. Construction and application of an assessment index system for evaluating the eco-community's sustainability. **Journal of Forestry Research**, China, n. 19, p. 154–158, 2008. DOI:10.1007/s11676-008-0027-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-008-0027-2>. Acesso em: 15 fev. 2018.

HAQ, S.M.A. Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment. **Journal of Environmental Protection**, Bulgária, v. 2, n. 5, p. 601–608, 2011. DOI:10.4236/jep.2011.25069. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=5881>. Acesso em: 04 jul. 2020.

HIREMATH, R. B.; BALACHANDRA, P.; KUMAR, B.; BANSODE S. S.; MURALI, J. Indicator-based urban sustainability—A review. **Energy for Sustainable Development**, Holanda, n. 17, p. 555–563, 2013. DOI:10.1016/j.esd.2013.08.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082613000707>. Acesso em: 27 nov. 2017.

HUANG, L., WU, J., YAN, L. Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators. **Landscape Ecology**, Estados Unidos, v. 30, n. 7, p. 1175–1193. 2015. DOI:10.1007/s10980-015-0208-2. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-015-0208-2>. Acesso em: 24 mar. 2019.

HURLEY, J, HORNE, R. Review and analysis of tools for the implementation and assessment of sustainable urban development. *In*: ENVIRONMENTAL INSTITUTE OF AUSTRALIAN AND NEW ZEALAND CONFERENCE, 2006, Adelaide. **Proceedings** [...]. Adelaide, 2006. Disponível em: <https://www.academia.edu/1134979/>. Acesso em: 16 jan. 2018.

IBEC. CASBEE for Urban Development. Technical Manual 2014 Edition. 2014. Disponível em: http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/toolsE_urban.htm. Acesso em: 07 out. 2017.

IBEC. Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE). 2016. Disponível em: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>. Acesso em: 09 abr. 2018.

IBGE. **Censo demográfico**. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>. Acesso em: 26 fev. 2018.

IBGE. **Censo demográfico 1940-2010**. 2010. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>. Acesso em: 14 out. 2017.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Brasil 2012**. 2012. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2012.shtm. Acesso em: 15 out. 2017.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Brasil 2015**. 2015. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/ids/default_2015.shtm. Acesso em: 10 dez. 2017.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Edição 2017**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>. Acesso em: 12 fev. 2018.

IBGE. **Projeção da população do Brasil e Unidades da Federação**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 26 fev. 2018.

ICHIMURA, M. Urbanization, urban environment and land use: challenges and opportunities. *In: Asia-Pacific Forum for Environment and Development Expert Meeting. Proceedings [...]*. Guilin, 23 January 2003. Disponível em: https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=0a33e97c-fdaf-56ac-0043-36765fea265a&groupId=252038 . Acesso em: 08 jun. 2020.

JACOBS, J. **Morte e Vida de Grandes Cidades**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2014.

JEONG, D. H.; ZIEMKIEWICZ, C.; RIBARSKY, W.; CHANG, R. **Understanding Principal Component Analysis Using a Visual Analytics Tool**. Charlotte Visualization Center: Charlotte, NC, USA, 2009.

JEPSON JR, E. J. Planning and Sustainability. *In: GRABER, D. S.; BIRMINGHAM, K.A. Urban Planning in the 21st Century*. New York: Nova Science Publishers, Inc, 2009. p. 103-116.

KARUPPANNAN, S.; SIVAM, A. Social sustainability and neighbourhood design: an investigation of residents' satisfaction in Delhi. **Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability**, Reino Unido, v. 16, n. 9, p. 849-870, 2011. DOI: 10.1080/13549839.2011.607159. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13549839.2011.607159>. Acesso em: 10 dez. 2019.

KASHEF, M. Urban livability across disciplinary and professional boundaries. **Frontiers of Architectural Research**, Holanda, v. 5, n. 2, p. 239-253, 2016. DOI: 10.1016/j.foar.2016.03.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209526351630005X>. Acesso em: 23 jan. 2019.

KLOPP, J. M.; PETRETTA, D. L. The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. **Cities**, Reino Unido, n. 63, p. 92-97, 2017. DOI: 10.1016/j.cities.2016.12.019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275116303122>. Acesso em: 18 abr. 2018.

KOCHERA, A.; STRAIGHT, A.; GUTERBOCK, T. **Beyond 50.05: A report to the nation on Livable Communities: creating environments for successful aging**. 2005. Disponível em: https://assets.aarp.org/rgcenter/il/beyond_50_communities.pdf. Acesso em: 12 jan. 2019.

KOMEILY, A.; SRINIVASAN, R. S. What is neighborhood context and why does it matter in sustainability assessment? **Procedia Engineering**, Holanda, n. 145, p. 876 – 883, 2016, Trabalho apresentado no International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction, 2016, Arizona. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.04.114. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816301205>. Acesso em: 23 jan. 2018.

KOMEILY, A.; SRINIVASAN, R. S. A need for balanced approach to neighborhood sustainability assessments: a critical review and analysis. **Sustainable Cities and Society**, Holanda, v. 18, p. 32-43, 2015. DOI: 10.1016/j.scs.2015.05.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670715000542>. Acesso em: 23 jan. 2018.

KOTHARKAR, R.; PALLAPU, A. V.; BAHADURE, P. Urban Cluster-Based Sustainability Assessment of an Indian City: Case of Nagpur. **Journal of the Urban Planning and Development**, Estados Unidos, v. 145, n. 4, p. 04019018-1-04019018-17. DOI: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000527. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29UP.1943-5444.0000527>. Acesso em: 10 dez. 2019.

KYRKOUA D.; KARTHAUS R. Urban sustainability standards: predetermined checklists or adaptable frameworks? **Procedia Engineering**, Holanda, v. 21, p. 204–211, 2011. DOI:10.1016/j.proeng.2011.11.2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811048399>. Acesso em: 16 jan. 2018.

LALLOUÉ, B.; MONNEZ, J. M.; PADILLA, C.; KIHALI, W.; LE MEURI, N.; ZMIROU-NAVIER, D.; DEGUEN, S. A statistical procedure to create a neighborhood socioeconomic index for health inequalities analysis. **International Journal for Equity in Health**, Reino Unido, v. 12, n. 21, 2013. Disponível em: <https://equityhealthj.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-9276-12-21>. Acesso em: 24 mar. 2019.

LAMAS, J. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1993.

LEE, G. K. L.; CHAN, E. H. W. A sustainability evaluation of government-led urban renewal projects. **Facilities**, Reino Unido, v. 26, n. 13/14, p. 526 – 541, 2008. DOI 10.1108/02632770810914280. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02632770810914280/full/html>. Acesso em: 14 out. 2017.

LEE, G. K. L.; CHAN, E. H. W. The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of urban renewal proposals. **Social Indicators Research**, Holanda, n. 89, p.155–168, 2007. DOI 10.1007/s11205-007-9228-x. Disponível em: <http://ira.lib.polyu.edu.hk/handle/10397/33180>. Acesso em: 14 fev. 2018.

LEFEBVRE, H. Barrio y vida de barrio. *In*: LEFEBVRE, H. **De lo rural a lo urbano**. 4. ed. Barcelona: Ediciones Península, 1978. p. 194-203.

LEITE, C.; AWAD, J. C. M. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes**: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012.

LIAO, M. W. The evaluation of Sustainable Development. 2016 2nd International Conference on Education Technology, Management and Humanities Science. **Proceedings of the 2nd ETMHS 2016**, Beijing, China, 2016. DOI: 10.2991/etmhs-16.2016.162. Disponível em: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/etmhs-16/25849371>. Acesso em: 24 mar. 2019.

LIMA, V. Saneamento ambiental como indicador de análise da qualidade ambiental urbana. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 35, v. 2, p. 65-84, 2013. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3066/2616>. Acesso em: 05 ago. 2020.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi Method**; techniques and applications. California: University of Southern California, 2002.

LUEDERITZ, C.; LANG, D. J.; VON WEHRDEN, H. A systematic review of guiding principles for sustainable urban neighborhood development. **Landscape and Urban Planning**, Holanda, v. 118, p. 40-52, 2007. DOI:10.1016/j.landurbplan.2013.06.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204613001102>. Acesso em: 25 out. 2019.

LÜTZKENDORF T.; BALOUKTSI M. Assessing a Sustainable Urban Development: Typology of Indicators and Sources of Information. **Procedia Environmental Sciences**, Holanda, n. 38, p. 546 – 553, 2017. DOI: 10.1016/j.proenv.2017.03.122. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029617301263>. Acesso em: 11 maio 2018.

LYNCH, K. **A imagem da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1982.

LYNOTT, J.; HARRELL R.; GUZMAN S.; GUDZINAS B. **The Livability Index 2018**: Transforming Communities for All Ages. AARP Public Policy Institute. 2018. On line. Disponível em: https://livabilityindex.aarp.org/sites/default/files/AARP1232_REPORT_Livability2018_Jun20v21.pdf. Acesso em: 05 mar. 2019.

MACLAREN, V. W. Urban Sustainability Reporting. **Journal of the American Planning Association**, Reino Unido, v. 62, n. 2, p. 184-202, 1996. DOI: 10.1080/01944369608975684. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944369608975684>. Acesso em: 13 fev. 2018.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing**: uma orientação aplicada. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2017.

MARINS, K. R. C. C. Análise comparativa multicriterial de estratégias em sustentabilidade urbana aplicada aos bairros de Cidade Pedra Branca (Palhoça, SC) e Vauban (Freiburg, Alemanha). **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 393-408, out./dez. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ac/v17n1/1678-8621-ac-17-01-0393.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2019.

MARIQUE, A. F.; REITER, S. Towards more sustainable neighborhoods: Are good practices reproducible and extensible? A review of a few existing sustainable neighborhoods. *In*: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 27., 2011, Louvain-la-Neuve, Belgium. **Proceedings [...]**.Louvain-la-Neuve, Belgium, 2011, p. 13–15. Disponível em: <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/SC14/SC14015FU1.pdf>. Acesso em: 10 maio 2020.

MARÔCO, J. **Análise estatística com o SPSS Statistics**. 5. ed. Pero Pinheiro: ReportNumber, 2011.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação Urbana**. 4 ed. Porto Alegre: Masquatro, 2015.

MEDVED, P. A Contribution to the structural model of autonomous sustainable neighbourhoods: new socio-economical basis for sustainable urban planning. **Journal of Cleaner Production**, Holanda, v. 120, n. 1, p. 21-30, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.01.091. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616001402>. Acesso em: 18 abr. 2018.

METER, K. **Neighbourhood sustainability indicators guidebook**. Minneapolis: Crossroads Resource Center, 1999.

MEZZOMO, M. D. M.; BORGES JUNIOR, M., A.; GONÇALVES, A., J., J. Sustentabilidade de Bairros: uma análise em Campo Mourão-PR, Brasil. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 32, p. e30480. 2018. DOI: 10.12957/geouerj.2018.30480. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/30480>. Acesso em: 27 abr. 2020.

MINAYO, M. C.; SANCHES, O. Quantitativo - Qualitativo: oposição ou complementaridade? **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, jul./set. 1993.

MISCHEN, P. A.; HOMSY, G. C.; LIPO, C. P.; HOLAHAN, R.; IMBRUCE, V.; PAPE, A.; ZHU, W.; GRANEY, J.; ZHANG, Z. HOLMES, L. M.; REINA, M. A Foundation for measuring community sustainability. **Sustainability**, Suíça, n. 11, p. 1903. 2019. DOI:10.3390/su11071903. Disponível em: https://orb.binghamton.edu/anthropology_fac/43/. Acesso em: 31 ago. 2019.

MOLES, R., FOLEY, W., MORRISSEY, J., O'REGAN, B. Practical appraisal of sustainable development: methodologies for sustainability measurement at settlement level. **Environmental Impact Assessment Review**, Estados Unidos, v. 28, n. 2-3, p. 144-165, 2008. DOI:10.1016/j.eiar.2007.06.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925507000819>. Acesso em: 10 jan. 2018.

MORELLI, J. Environmental sustainability: a definition for environmental professionals. **Journal of Environmental Sustainability**, Estados Unidos, v. 1, n. 1, Article 2, 2011. DOI: 10.14448/jes.01.0002. Disponível em: <https://scholarworks.rit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=jes>. Acesso em: 29 abr. 2019.

MOROKE, T.; SCHOEMAN C., SCHOEMAN, I. Developing a neighbourhood sustainability assessment model: An approach to sustainable urban development. **Sustainable Cities and Society**, Holanda, v. 48, 101433, 2019. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101433. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670718300477>. Acesso em: 07 out. 2020.

MOUSSIOPOULOS, N.; ACHILLAS, C.; VLACHOKOSTAS, C.; SPYRIDIS, D.; NIKOLAOU, K. Environmental, social and economic information management for the evaluation of sustainability in urban areas: a system of indicators for Thessaloniki, Greece. **Cities**, Reino Unido, v. 27, n.5, p. 377–384, 2010. DOI:10.1016/j.cities.2010.06.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275110000983>. Acesso em: 16 ago. 2018.

NAÇÕES UNIDAS. **Erradicação da pobreza**. Documentos temáticos. 2017. Disponível em: https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2017/06/Documento-Tem%C3%A1tico-ODS-1-Eradica%C3%A7%C3%A3o-da-Pobreza_11junho2017.pdf. Acesso em: 12 dez. 2017.

NARDO, M.; SAISANA, M.; SALTELLI, A.; TARANTOLA, S. **Tools for composite indicators building**. Ispra, Italy. 2005.

NETO, J. V. O fenômeno da urbanização no Brasil e a violência nas cidades. **Espaço em Revista**, Catalão, v. 13, n. 2, p. 125 – 149, jul./dez. 2011. DOI: 10.5216/er.v13i2.16888. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/espaco/article/view/16888#:~:text=O%20fen%C3%B4meno%20da%20urbaniza%C3%A7%C3%A3o%20no,a%20vida%20nas%20cidades%20e>. Acesso em: 04 mar. 2018.

NESS, B.; URBEL-PIRSALU, E.; ANDERBERG, S.; OLSSON, L. Categorising tools for sustainability assessment. **Ecological Economics**, Holanda, v.60, n. 3, p. 498-508, 2007. DOI:10.1016/j.ecolecon.2006.07.023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800906003636>. Acesso em: 11 jan. 2018.

NOP, S.; THORNTON, A. Community participation in contemporary urban planning in Cambodia: The examples of Khmuonh and Kouk Roka neighbourhoods in Phnom Penh. **Cities**, Reino Unido, v.103, 102770, 2020. DOI: 10.1016/j.cities.2020.102770. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275119319912>. Acesso em: 14 ago. 2020.

NUCCI, J. C. Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 12, p. 209-224, 1998. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53740>. Acesso em: 1 maio 2018.

NUNES, M. F. de O.; MAYORGA, C. T.; GULLO, M. C. R.; PEDONE, C. E. M. Indicadores de Sustentabilidade Urbana: aplicação em bairros de Caxias do Sul. **Arquitetura Revista**, Porto Alegre, v.12, n. 1, p. 87-100, jan./jun. 2016. DOI: 10.4013/arq.2016.121.08. Disponível em: <http://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/arq.2016.121.08>. Acesso em: 9 jan. 2018.

OECD. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD core set of indicators for environmental performance reviews**. Paris, 1993.

OKOLI, C.; PAWLOWSKI, S; D. The Delphi method as a research toll: an example, design consideration and applications. **Information & Management**, Amsterdam, n. 42, p. 15-29, 2004. DOI:10.1016/j.im.2003.11.002. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4282157/mod_resource/content/1/okoli2004.pdf. Acesso em: 30 mar. 2018.

OLIVEIRA, T. M. V. de. Escalas de mensuração de atitudes: Thustone, Osgood, Stapel, Likert, Alpert. **Administração On Line; prática, pesquisa, ensino**. São Paulo, v. 1, n. 2, abr./jun. 2001.

ONUBR. **A ONU e o meio ambiente**. 2017. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente>. Acesso em: 10 ago. 2017.

OREGI, X.; ROTH, E.; ALSEMA, E.; VAN GINKEL, M.; STRUIK, D. Use of ICT tools for integration of energy in urban planning projects. **Energy Procedia**, Reino Unido, v. 83, n. x, p. 157-166, 2015. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.12.206. Trabalho apresentado no 7o. International Conference SEB-15, 7. Sustainability in energy and buildings: proceedings of the. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215028714>. Acesso em: 23 jan. 2018.

PARK, Y.; ROGERS, G. O. Neighborhood planning theory, guidelines, and research: Can area, population, and boundary guide conceptual framing? **Journal of Planning Literature**, Estados Unidos, v. 30, p. 18–36, 2015. DOI: 10.1177/0885412214549422. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0885412214549422>. Acesso em: 10 maio 2020.

PMPF. Prefeitura Municipal de Passo Fundo. **Lei Complementar Nº 143 de 21 de Junho de 2005**. 2005. Disponível em:

http://www.pmpf.rs.gov.br/servicos/geral/multimedia/LC%20143_%20Divisao_Bairros.pdf
. Acesso em: 10 jan. 2018.

PAWLOWSKI, A. How many dimensions does sustainable development have? **Sustainable Development**, Estados Unidos, v.16, n. 2, p. 81-90, 2008. DOI: 10.1002/sd.339. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sd.339>. Acesso em: 5 maio 2019.

PERGORARO, C. **Processamento de requisitos em projetos de ambientes construídos**: caracterização e contribuições para melhorias a partir das percepções dos profissionais que desenvolvem projetos. 2016. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2016.

PFAHL, S. Institutional sustainability. **International Journal of Sustainable Development**, Reino Unido, v. 8, n. 1, p. 80-96, 2005. Disponível em: <https://d3pcsg2wj9izr.cloudfront.net/files/6471/articles/6330/f326111104951287.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.

PITUCH, K. A.; STEVENS, J. P. **Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences**. 6th ed. Nova York: Routledge, 2016.

POPE, J., ANNANDALE, D., MORRISON-SAUNDERS, A. Conceptualising sustainability assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, Estados Unidos, v. 24, n. 6, 595-616. 2004. DOI: 10.1016 /j.eiar.2004.03.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925504000447>. Acesso em: 30 abr. 2019.

QIN, B.; ZHU, W.; WANG, J.; PENG, Y. Understanding the relationship between neighbourhood green space and mental wellbeing: A case study of Beijing, China. **Cities**, Reino Unido, n. 109, 103039, 2021. DOI: 10.1016/j.cities.2020.103039. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275120313871>. Acesso em: 16 fev. 2021.

RACO, M. Securing sustainable communities: citizenship, safety and sustainability in the new urban planning. **European Urban and Regional Studies**, Reino Unido, v. 14, n. 4, p. 305-320, 2007. DOI:10.1177/0969776407081164. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0969776407081164>. Acesso em: 09 jul. 2019.

REED, M. S.; FRASER, E. D. G.; DOUGILL, A. J. An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. **Ecological Economics**, Holanda, v. 59, n. 4, 406–418. 2006. DOI:10.1016/j.ecolecon.2005.11.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800905005161>. Acesso em: 05 set. 2019.

REITH, A.; OROVA, M. Do green neighbourhood ratings cover sustainability? **Ecological Indicators**, Holanda, v.48, p. 660-672. Jan-2015. DOI: 10.1016/j.ecolind.2014.09.005. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X14004130>. Acesso em: 23 jan. 2018.

RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A.; BRASILEIRO, A.; ALCANTARA D.; QUEIROZ, M. **Observando a Qualidade do Lugar**: procedimentos para avaliação pós ocupação. Rio de Janeiro: Proarq/FAU/UFRJ, 2009.

RODRIGUEZ, K. D. **Princípios e parâmetros do Novo Urbanismo em territórios planejados no Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2016.

ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ROHE, W. M. From local to global: One hundred years of neighborhood planning. **Journal of the American Planning Association**. Reino Unido, v. 75, n. 2, p. 209–230, 2009. DOI: 10.1080/0194436090275107. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944360902751077?journalCode=rjpa20>. Acesso em: 10 maio 2020.

ROMERO, M. A. B.. Frentes do urbano a construção de indicadores de sustentabilidade intra-urbano. **Paranoá**. Caderno de Arquitetura e Urbanismo, Indicadores de sustentabilidade urbana, Brasília, n. 4, p. 47-62, 2007.

ROSSI, A. **A arquitetura da cidade**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

RUEDA, S. **Modelos de ordenación del territorio más sostenibles**. Barcelona, Janeiro, 2003. Disponível em: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/asrue.html>. Acesso: 15 ago. 2017.

SAELEN B. E.; SALLIS, J. F.; FRANK, L.D. Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Society of Behavioral Medicine*, **Annals of Behavioral Medicine**, v. 25, n. 2, p. 80–91, 2003. Disponível em: <http://link.springer.com/journal/12160>. Acesso em: 04 jul. 2020.

SANTOS, C. N. F. dos. **A cidade como um jogo de cartas**. Niterói: Universidade Federal Fluminense - EDUFF, 1988.

SANTOS, G. P. de O.; GONÇALVES, A.; MEZZOMO, M. M. Sustainability indicators applied to neighbourhood scale. *In: RESPONSIBLE MANAGEMENT EDUCATION RESEARCH CONFERENCE*, 4, 2017, Curitiba. . **Anais [...]**Curitiba, 2017.

SATTERTHWAITE, D. Sustainable cities or cities that contribute to sustainable development? **Urban Studies**, Reino Unido, v. 34, n. 10, p. 1667-1691, 1997. DOI: 10.1080/0042098975394. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1080/0042098975394>. Acesso em: 06 maio 2019.

SATTLER, M.; SCUSSEL, M. C. B.. (Des)Construindo índices de qualidade de vida: uma abordagem crítico-analítica à formulação de indicadores de sustentabilidade para Porto

Alegre. **Paranoá**. Caderno de Arquitetura e Urbanismo, Indicadores de sustentabilidade urbana, Brasília, n.4, p. 31-46, 2007.

SCIPIONI, A.; MAZZI, A.; MASON, M.; MANZARDO, A. The Dashboard of Sustainability to measure the local urban sustainable development: the case study of Padua Municipality. **Ecological Indicators**, Holanda, v. 9, n. 2, p. 364–380, 2009. DOI:10.1016/j.ecolind.2008.05.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X08000605>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SCUSSEL, M. C. B. **O lugar de morar em Porto Alegre**: uma abordagem para avaliar aspectos de qualificação do espaço residencial, à luz de princípios de sustentabilidade. 2007. 312f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

SERRA, G. G. **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação. São Paulo: Edusp: Mandarim, 2006.

SHARIFI, A.; MURAYAMA, A. A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools. **Environmental Impact Assessment Review**, Estados Unidos, v. 38, p. 73–87, 2013. DOI: 10.1016/j.eiar.2012.06.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925512000558>. Acesso em: 08 fev. 2018.

SHARIFI, A.; MURAYAMA, A. Viability of using global standards for neighbourhood sustainability assessment: insights from a comparative case study. **Journal of Environmental Planning and Management**, Reino Unido, v. 58, p. 1-23, 2014a. DOI: 10.1080/09640568.2013.866077. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09640568.2013.866077>. Acesso em: 23 jan. 2018.

SHARIFI, A.; MURAYAMA, A. Neighbourhood sustainability assessment in action: cross-evaluation of three assessment systems and their cases from the US, the UK, and Japan. **Building and Environment**, Reino Unido, n. 72, p. 243–258, 2014b. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.11.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013231300320X>. Acesso em: 23 jan. 2018.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v.10, n. 2, p. 137-148, jul./dez. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2007000200009&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 05 jan. 2018.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, V. G. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 47-66, jan./mar. 2007.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes. 2003. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.

SILVA, M. G.; CÂNDIDO, G. A.; MARTINS, M. F. Método de construção do Índice de desenvolvimento local sustentável: uma proposta metodológica e aplicada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 55-72, 2009.

SILVA, L. S.; TRAVASSOS, L. Problemas ambientais urbanos: desafios para a elaboração de políticas públicas integradas. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 19, p. 27-47, 1º sem. 2008.

SILVA, F. N. Mobilidade urbana: os desafios do futuro. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 15, n. 30, p. 377-388, jul./dez. 2013.

SOUZA, M. L. de. **Mudar a cidade**: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

SOUZA, M. L. de. O bairro contemporâneo: ensaio e abordagem política. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 51, n.2, p.139-172, abr./jun. 1989.

SPANGENBERG, J. H. Reconciling sustainability and growth: criteria, indicators, policies. **Sustainable Development**, Estados Unidos, v. 12, n. 2, p. 74–86, 2004. DOI:10.1002/sd.229. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sd.229>. Acesso em: 12 fev. 2018.

TAM, V. W. Y., KARIMPOUR, H., LE, K. N., WANG, J. Green neighbourhood: Review on the international assessment systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Holanda, n. 82, p. 689–699, 2018. DOI:10.1016/j.rser.2017.09.083. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117313357>. Acesso em: 13 fev. 2018.

TANGUAY, G. A.; RAJAONSON, J.; LEFEBVRE, J. F.; LANOIE, P. Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators. **Ecological Indicators**, Holanda, v. 10, n. 2, p. 407–418, 2010. DOI:10.1016/j.ecolind.2009.07.013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X09001277>. Acesso em: 13 fev. 2018.

TERIMAN, S. **Measuring neighbourhood sustainability**: a comparative analysis of residential types in Malaysia. 2012. Thesis (Doctor of Philosophy). School of Civil Engineering and the Built Environment Faculty of Science and Engineering Queensland University of Technology, Queensland, Austrália. 2012. Disponível em: https://eprints.qut.edu.au/54679/1/Suharto_Teriman_Thesis.pdf. Acesso em: 27 nov. 2017.

TURCU, C. Re-thinking sustainability indicators: local perspectives of urban sustainability. **Journal of Environmental Planning and Management**, Reino Unido, v. 56, n. 5, p.695–719, 2013. DOI:10.1080/09640568.2012.698984. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09640568.2012.698984>. Acesso em: 12 set. 2019.

UNDESA. **UNDESA Policy Brief n. 40**. An integrated strategy for sustainable cities. 2013. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/policybrief40.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2018.

UNDESA. **2018 Revision of World Urbanization Prospects**. 2018. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>. Acesso em 14 jan. 2019.

UNEP. **Integração entre o meio ambiente e o desenvolvimento: 1972-2002**. 2002. Disponível em: <http://web.unep.org/geo/sites/unep.org/geo/files/documents/capitulo1.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2017.

UNEP. **Sustainable, resource efficient cities – making it happen!** Cidade: United Nations Environment Programme, 2012.

UNITED NATION. **Report of the World Commission on Environment and Development**. 1987. Disponível em: <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>. Acesso em: 6 ago. 2017.

UNITED NATION. **Indicators of Sustainable Development, Framework and Methodologies**. New York: United Nations, 1996.

UNITED NATION. **Johannesburg Declaration on Sustainable Development**. New York: United nations Division on Sustainable Development. 2002.

UN-HABITAT. **Planning Sustainable Cities**. UN-HABITAT practices and perspective. Nairóbi: United Nations Human Settlements Programme. 2010.

UN-HABITAT. **A new strategy of sustainable neighbourhood planning: Five Principles**. Discussion Note 3. Nairóbi: United Nations Human Settlements Programme. 2014.

UN-HABITAT. **International Guidelines on Urban and Territorial Planning**. Nairóbi: United Nations Human Settlements Programme. 2015.

UN-HABITAT. Section-III: A framework for urban sustainability. *In: Sustainable urbanization in Asia: A sourcebook for local governments*, BARTH, B; CHONG, J.; DAHIYA, B.; KIM, Y.; STELLMACH, T. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme. 2012.

UNITED NATION. **Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies**. 3. ed. New York: United Nations, 2007.

UNITED NATION. **Resolution 71/256 - New Urban Agenda**. 2016a. Disponível em: http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/71/256. Acesso em: 8 dez 2017.

UNITED NATION. **No Poverty**. New York: 2017. Disponível em: https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2017/06/Documento-Tem%C3%A1tico-ODS-1-Eradica%C3%A7%C3%A3o-da-Pobreza_11junho2017.pdf. Acesso em: 6 dez. 2018.

UNITED NATION. **Progress to date in the implementation of the outcomes of the second United Nations Conference on Human Settlements (Habitat II) and identification of new and emerging challenges on sustainable urban development**. New York: 2014. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/1290360#record-files-collapse-header>. Acesso em: 27 jul 2019.

USGBC. Green Building Council, **LEED 2009 for Neighborhood Development Rating System** Created by the Congress for the New Urbanism, Updated July 2014, p. 1–149. Disponível em: https://www.usgbc.org/sites/default/files/LEED%202009%20RS_ND_07.01.14_current%20version.pdf. Acesso em: 15 ago. 2017.

USGBC Green Building Council. **LEED v4 for Neighborhood Development Addenda**. Disponível em: <https://www.usgbc.org/resources/leed-v4-neighborhood-development-current-version>. Acesso em: 12 mar. 2019.

VALENTIN, A.; SPANGENBERG, J. H. A guide to community sustainability indicators. **Environmental Impact Assessment Review**, Estados Unidos, v. 20, n. 3, p. 381–392, 2000. DOI: 10.1016/S0195-9255(00)00049-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925500000494>. Acesso em: 12 fev. 2018.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade: Uma Análise Comparativa**. 2002. 250f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade - um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, mar. 2004. DOI: 10.1590/51679-3951200400100002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512004000100002. Acesso em: 09 jan. 2018.

VEIGA, T. B.; COUTINHO, S. S.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Aplicação da técnica Delphi na construção de indicadores de sustentabilidade. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã/São Paulo, v. 9, n. 4, p. 31-45. 2013. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/533. Acesso em: 30 mar. 2018.

VOGELPOHL, T.; AGGESTAM, F. Public policies as institutions for sustainability: potentials of the concept and findings from assessing sustainability in the European forest-based sector. **European Journal of Forest Research**, Alemanha, v. 131, p. 57-71, 2012. DOI: 10.1007/s10342-011-0504-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-011-0504-6>. Acesso em: 30 abr. 2019.

YIGITCANLAR, T.; KAMRUZZAMAN, Md.; TERIMAN, S. Neighborhood Sustainability Assessment: evaluating residential development sustainability in a developing country context. **Sustainability**, Suíça, n. 7, p. 2570-2602, 2015. DOI:10.3390/su7032570. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/3/2570>. Acesso em: 14 fev. 2018.

YILDIZ, S.; YILMAZ, M.; KIVRAK, S.; GÜLTEKIN, A. B. Neighbourhood sustainability assessment tools and a comparative analysis of five different assessment tools. **Planlama**, Istambul, v. 26, n. 2, p. 93–100, 2016. DOI: 10.14744/planlama.2016.05914. Disponível em: <http://planlamadergisi.org/eng/jvi.aspx?pdire=planlama&plng=eng&un=PLAN-05914>. Acesso em: 23 jan. 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
YOON, J.; PARK, J. Comparative analysis of material criteria in neighbourhood sustainability assessment tools and urban design guidelines: cases of the UK, the US, Japan and Korea. **Sustainability**, Suíça, v. 7, n. 11, p. 14450-14487, 2015. DOI:10.3390/su71114450. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/11/14450>. Acesso em: 12 fev. 2018.

WANGEL, J.; WALLHAGEN, M.; MALMQVIST, T.; FINNVEDEN, G. Certification systems for sustainable neighbourhoods: what do they really certify? **Environmental Impact Assessment Review**, Estados Unidos, n. 56, p. 200-213, 2016. DOI: 10.1016/j.eiar.2015.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925515001031>. Acesso em: 10 abr. 2018.

WILLIAMS, K.; DAIR, C. A framework of sustainable behaviours that can be enabled through the design of neighbourhood-scale developments. **Sustainable Development**, Estados Unidos, v. 15, p. 160-173, 2007. DOI:10.1002/sd.311. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sd.311>. Acesso em: 25 out. 2019.

WRIGTH, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 12, p. 54-65, 2000. Disponível em: https://repositorio.usp.br/single.php?_id=001173053. Acesso em: 30 mar. 2018.

WU, J.; WU, T. Sustainability indicators and indices. *In*: MADU, C. N.; KUEI C. (ed.), **Handbook of sustainable management**. London: Imperial College Press, 2012. p. 65-86.

ZHANG, Q.; YUNG, E. H. K.; CHAN, E. H. W. Towards Sustainable Neighborhoods: Challenges and Opportunities for Neighborhood Planning in Transitional Urban China.

Sustainability. Suíça, v. 10, n. 2, p. 1-23, 2018. DOI: 10.3390/su10020406. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/2/406>. Acesso em: 06 maio 2020.

ZHANG, X. Q. The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. **Habitat International**, Reino Unido, v. 54, part 3, p. 241-252, 2016. DOI: 10.1016/j.habitatint.2015.11.018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397515302125>. Acesso em: 12 jan. 2018.

ZORRAQUINO, L. D.; DUARTE, C. F.; AJA, A. H. O novo paradigma de sustentabilidade aplicada ao meio urbano. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE POS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 15, 2013, Recife. **Anais [...]**, Recife: Associação Nacional de Programas de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, 2013. v. 15. p. 1-19, 2013. Disponível em: <http://www.anpur.org.br/ojs/index.php/anaisenanpur/article/view/250>. Acesso em: 30 abr. 2019.

2030 DISTRICTS. **Establishing 2030 Districts & Organizational Structures**. 2015. Disponível em: <http://www.2030districts.org/resources/establishing-new-districts-and-organizational-structures>. Acesso: 10 jan. 2019.

2030 DISTRICTS. **The 2030 Districts network**. 2016. Disponível em: <http://www.2030districts.org/about-network>. Acesso: 10 jan. 2019.

APÊNDICES

7 APÊNDICE A: Questionário

Sustentabilidade de Bairro



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

O Sr (a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa sobre **Avaliação da Sustentabilidade de Bairro**, sob responsabilidade da pesquisadora **Marcele Salles Martins**. Esta pesquisa justifica-se devido a crescente urbanização das cidades brasileiras, visando compreender se o processo de planejamento urbano que essas cidades vem passando é sustentável sob o ponto de vista das dimensões ambiental, social, econômica e institucional, na escala de bairro, entendendo que o bairro é o ponto de partida para criar uma comunidade verdadeiramente sustentável. O objetivo geral desta pesquisa é propor um índice para avaliação da sustentabilidade de bairro, visando aferir o nível de sustentabilidade e auxiliar o desenvolvimento urbano sustentável. A sua participação na pesquisa será em um único momento, por intermédio de um questionário online, com duração aproximada de 15 minutos. Os possíveis riscos e desconfortos que a pesquisa poderá trazer a(o) senhor(a) são: cansaço ou aborrecimento ao responder as perguntas. Caso algum sinal de desconforto psicológico for identificado através da sua participação na pesquisa, a pesquisadora compromete-se em orientá-lo (a) e encaminhá-lo (a) para os profissionais especializados na área. Salientamos que suas respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgada a sua opinião. Além disto, sua participação é voluntária, isto é, a qualquer momento poderá recusar-se a responder qualquer pergunta ou desistir de participar e recusar seu consentimento. Os benefícios relacionados à sua participação serão: a contribuição para melhorias na sustentabilidade dos bairros, permitindo a qualificação do espaço urbano e planejamento das cidades. O (A) Sr. (a) terá a garantia de receber esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso as suas respostas em qualquer etapa do estudo. O (A) Sr. (a) não terá qualquer despesa para participar da presente pesquisa e não receberá pagamento pela sua participação no estudo. Os resultados da pesquisa serão divulgados na tese de Doutorado (para fins unicamente acadêmicos), mas o (a) senhor (a) terá a garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados. Caso o (a) Sr (a) tenha dúvidas sobre o comportamento da pesquisadora ou sobre as mudanças ocorridas na pesquisa que não constam no TCLE, e caso se considera prejudicado (a) na sua dignidade e autonomia, poderá entrar em contato com a pesquisadora **Marcele Salles Martins**, (54) 99984 4891, ou com o Programa de **Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo**, ou também pode consultar o Comitê de Ética em Pesquisa da UPF, pelo telefone (54) 3316-8157, no horário das 08h às 12h e das 13h30min às 17h30min, de segunda a sexta-feira. Dessa forma, se o (a) Sr. (a) concorda em participar da pesquisa como consta nas explicações e orientações acima, selecione “Concordo em participar da pesquisa” e clique em “Próxima”, respondendo as questões subsequentes. Desde já, agradecemos a sua colaboração.

Concordo em participar desta pesquisa

Não concordo em participar desta pesquisa

Nas questões indique o seu grau de concordância ou discordância utilizando a legenda:

1. Discordo totalmente; 2. Discordo; 3. Não concordo nem discordo; 4. Concordo; 5.

Concordo totalmente

O que torna um bairro verdadeiramente sustentável?

Questão:	1	2	3	4	5
O acesso às instalações de saúde contribui para indivíduos saudáveis.	<input type="radio"/>				
A disponibilidade de diferentes tipos de habitação não promove a diversidade dos residentes.	<input type="radio"/>				
A prática de exercícios ao ar livre melhora se o bairro possuir uma Praça ou área de lazer.	<input type="radio"/>				
A vegetação na calçada pública incentiva o sombreamento e o ambiente urbano.	<input type="radio"/>				
A oferta de cursos técnicos gratuitos no bairro possibilita a inserção no mercado de trabalho.	<input type="radio"/>				
O acesso à internet em locais públicos mantém a comunidade informada e conectada.	<input type="radio"/>				
Uma rede de drenagem urbana eficiente reduz áreas as inundações.	<input type="radio"/>				
A presença de um bicicletário compartilhado no bairro reduz o tempo de deslocamento e incentiva a prática de atividades físicas saudáveis.	<input type="radio"/>				
A educação ambiental nas escolas contribui para a consciência ambiental.	<input type="radio"/>				
Um bairro com menor variedade de estabelecimentos comerciais, serviços, diversão e alimentação permite que os moradores realizem suas atividades a pé.	<input type="radio"/>				
Moradias subsidiadas (aluguel social) ajudam moradores de baixa renda a morar em bairros de alto custo, contribuindo para a inclusão social.	<input type="radio"/>				
Ter um representante da associação de moradores nos conselhos municipais fortalece a participação da população na formulação das políticas públicas.	<input type="radio"/>				
O uso de recursos renováveis como fonte de energia reduz o consumo de combustíveis fósseis.	<input type="radio"/>				
As ruas são seguras quando possuem sinalização indicando faixa de pedestres e limite de velocidade compatível com a via. Por exemplo: via local: 30 km / h (Fonte: Código Brasileiro de Trânsito).	<input type="radio"/>				
A proteção dos mananciais e o controle do despejo de produtos e resíduos nos rios reduzem a poluição da água.	<input type="radio"/>				
A implantação de uma rede de ciclovias contribui para redução do tráfego de veículos.	<input type="radio"/>				
Em um bairro compacto, a distância menor entre a casa e o local de trabalho facilita a prevenção de grandes deslocamentos.	<input type="radio"/>				
Um projeto arquitetônico que prioriza a iluminação natural e a ventilação auxilia na redução do consumo de energia elétrica.	<input type="radio"/>				
O acesso à educação auxilia na disseminação e aplicação de novos conhecimentos.	<input type="radio"/>				
Os carros elétricos contribuem para a redução da emissão de poluentes.	<input type="radio"/>				
O aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis reduz o consumo de água potável.	<input type="radio"/>				
A implementação efetiva de políticas de reciclagem de resíduos contribui para a geração de renda.	<input type="radio"/>				
A preservação do patrimônio histórico mantém a identidade do bairro.	<input type="radio"/>				
Um passeio público acessível oferece passagem segura para todos, independentemente de sua condição física.	<input type="radio"/>				

Questão:	1	2	3	4	5
Nas edificações, o uso de materiais com baixo impacto ambiental em seu ciclo de vida auxilia na reciclagem futura.	<input type="radio"/>				
A implantação de polos de integração em regiões que atendem a mais de um bairro beneficia a inclusão social e cultural e a valorização humana.	<input type="radio"/>				
A redução dos estacionamentos pavimentados contribui para a permeabilidade do solo.	<input type="radio"/>				
A implantação de hortas urbanas estimula o consumo de alimentos orgânicos.	<input type="radio"/>				
Um espaço comunitário fortalece o vínculo comunitário e gera maior engajamento em propostas de melhorias.	<input type="radio"/>				
Edifícios com eficiência energética contribuem para reduzir os efeitos ambientais adversos da produção e consumo de energia.	<input type="radio"/>				
No bairro não é necessário ter oportunidades de emprego.	<input type="radio"/>				
A reutilização de estruturas existentes (edifícios abandonados / subutilizados) ajuda a reduzir o impacto ambiental de uma nova construção.	<input type="radio"/>				
O abastecimento irregular de água afeta as atividades diárias dos residentes.	<input type="radio"/>				
As ocupações irregulares em áreas de risco representam sérios riscos à segurança e à saúde dos moradores, além de contribuir para a degradação do meio ambiente natural.	<input type="radio"/>				
Locais públicos bem iluminados passam a sensação de maior segurança.	<input type="radio"/>				
A falta de saneamento básico afeta a saúde pública.	<input type="radio"/>				
O uso de materiais absorventes nas fachadas e recuo da fachada com vegetação são estratégias para reduzir a poluição sonora interna.	<input type="radio"/>				
A disposição irregular do lixo nas vias públicas contribui para as inundações.	<input type="radio"/>				
O acesso a lojas, supermercados e mercados públicos proporciona dinamismo econômico ao bairro.	<input type="radio"/>				
A presença de terminais de ônibus com passagem integrada permite uma interconexão eficiente entre os bairros e incentiva o uso do transporte público.	<input type="radio"/>				
A implantação de projetos urbanísticos e arquitetônicos deve priorizar a conservação de recursos naturais, corpos d'água e áreas úmidas (banhados).	<input type="radio"/>				
O uso de mecanismos digitais em espaços públicos contribui para a segurança e o inter-relacionamento dos moradores.	<input type="radio"/>				

Selecione seu sexo:

Feminino Masculino

Indique sua idade: _____

Em qual cidade você reside: _____

Informe seu bairro: _____

Como você classifica o seu bairro como local para viver:

1 2 3 4 5
Péssimo Excelente

Você tem conhecimento na área de planejamento urbano, urbanismo e/ou sustentabilidade?

- Sim Não

Você atua ou já atuou na área de planejamento urbano, urbanismo e/ou sustentabilidade?

- Sim Não

Quantos anos você atua / atuou nesta área? _____

Qual a principal atividade em que você atuou nos últimos 5 anos?

- Administrador(a) Arquiteto(a) Urbanista Biólogo(a) Economista
- Engenheiro(a) Ambiental Engenheiro(a) Civil Engenheiro(a) Civil
- Engenheiro(a) Elétrico(a) Técnico(a) no serviço público
- Gestor(a) no serviço público Empresário(a) na construção ou urbanização
- Pesquisador(a) em Instituição de Ensino Superior Outro _____

Qual atividade você exerce?

- Membro de organização não-governamental Membro da sociedade civil
- Membro de associação de moradores Técnico(a) no serviço público
- Gestor(a) no serviço público

8 APÊNDICE B: Descrição dos procedimentos metodológico dos indicadores relevantes

Diversidade de tipologias habitacionais (B2)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Social	Valor do índice	AURBACH, 2005	Visita in loco
Descrição			
<p>Indica o percentual de diversidade de tipologia habitacional do bairro.</p> <p>A diversidade de tipologia habitacional refere-se a uma variedade de moradias que atende a diferentes segmentos de mercado ou categorias socioeconômicas.</p>			
Metodologia			
<p>As tipologias habitacionais foram obtidas com visita in loco no bairro analisado. Com auxílio de sistema de informação geográfica o número de residências para cada tipologia foi extraído, juntamente com o número total das residências. O indicador foi calculado com a seguinte equação:</p> <p style="text-align: right;">Equação 6</p> $1 - \sum (n/N)^2$ <p>Onde: n = número total de residências em uma tipologia específica N = número total de residências</p> <p>Tipologias habitacionais: residência unifamiliar (tipo 1 e tipo 2), multifamiliar, geminada, condomínio residencial, aglomerado subnormal</p>			
Critério de avaliação			
<p>Quantitativo: Pontuação do índice: Cinco estrelas: 0,7 a 1; Quatro estrelas: 0,5 a 0,7; Três estrelas: 0,3 a 0,5; Duas estrelas: 0,1 a 0,3 e Uma estrela: 0 a 0,1.</p> <p>Se duas categorias juntas representam mais de 85% das residências, a pontuação máxima permitida é de três estrelas, “aceitável” (AURBACH, 2005).</p>			

Proximidade a espaço verde (B3)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Social	%	AEUB, 2012; ANBT, 2017; CRITERION PLANNERS, 2007	Secretaria Municipal de Transporte e Serviços Gerais; Visita in loco
Descrição			
<p>A proporção de acesso a diferentes tipologias de espaços verdes públicos pela população residente. As áreas verdes melhoram o clima urbano, a qualidade de vida, proporcionando espaço de convivência, atividades recreativas ao ar livre, além de capturar poluentes atmosféricos e auxiliar no conforto acústico (AEUB, 2012; ABNT, 2017).</p>			
Metodologia			
<p>Os espaços verdes existentes foram identificados nos bairros analisados. Com a utilização de um sistema de informação geográfica, o raio de abrangência (conforme a tipologia do espaço) foi demarcado e o número de população com acesso foi determinado. A informação do número de população residente no bairro se refere ao censo demográfico disponibilizado pelo IBGE (2010). Esse indicador foi calculado com a seguinte fórmula:</p>			
			Equação 7
$\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$			
<p>Tipologias dos espaços verdes: praças e playground (raio 400m), parques (raio de 800m) (CASTELLO, 2008).</p>			
Critério de avaliação			
Qualitativo (quanto maior o seu valor, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

Infraestrutura verde (B4)															
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação												
Ambiental	%	AEUB, 2012	Visita in loco												
Descrição															
<p>Número de árvores existentes nas vias.</p> <p>A presença de árvores no passeio público evita o excesso de insolação, regula o micro clima urbano e mitiga os efeitos das ilhas de calor. São benéficas como barreiras acústicas para amortecer os ruídos provenientes do trânsito, purificação do ar e a criação de habitats, contribuindo com a biodiversidade urbana, além de oportunizar complemento alimentar. (AEUB, 2012; ABNT, 2017; MASCARÓ; MASCARÓ, 2015).</p>															
Metodologia															
<p>A densidade de arborização é avaliada pela quantidade de árvores e o seu respectivo porte presente no comprimento da via. Para a definição da quantidade de árvores existentes no passeio público do bairro analisado, foi realizada uma inspeção in loco, com o georeferenciamento da localização e indicação do porte. Um programa SIG foi utilizado para contabilizar o número de árvores e os metros lineares das vias que apresentavam arborização. O cálculo do indicador foi determinado com a fórmula:</p> <p style="text-align: right;">Equação 8</p> $\frac{(N^{\circ} \text{ árvores porte grande} \times 12) + (N^{\circ} \text{ árvores porte médio} \times 8) + (N^{\circ} \text{ árvores porte pequeno} \times 6)}{\text{Extensão da via}} \times 100^*$ <p>*Por seção de via.</p> <p>Para a determinação do porte se consideram os seguintes parâmetros:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Porte</th> <th>Altura</th> <th>Diâmetro da copa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pequeno</td> <td>4 a 6 metros</td> <td>menor que 4 metros</td> </tr> <tr> <td>Médio</td> <td>6 a 10 metros</td> <td>entre 4 e 6 metros</td> </tr> <tr> <td>Grande</td> <td>acima de 10 metros</td> <td>maior que 6 metros</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fonte: MASCARÓ; MASCARÓ, 2015.</p>				Porte	Altura	Diâmetro da copa	Pequeno	4 a 6 metros	menor que 4 metros	Médio	6 a 10 metros	entre 4 e 6 metros	Grande	acima de 10 metros	maior que 6 metros
Porte	Altura	Diâmetro da copa													
Pequeno	4 a 6 metros	menor que 4 metros													
Médio	6 a 10 metros	entre 4 e 6 metros													
Grande	acima de 10 metros	maior que 6 metros													
Critério de avaliação															
<p>Quantitativo ($\geq 0,2$ árvores/metro via) e qualitativo (quanto maior o seu valor, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana) (AEUB, 2012).</p>															

Drenagem urbana (B7)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Ambiental	%	CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010	Imagem de alta resolução
Descrição			
<p>Indica a proporção de superfícies permeáveis relacionadas à área total do bairro.</p> <p>As superfícies permeáveis previnem o risco de inundações em áreas com alta impermeabilização do solo e amenizam a solicitação das redes públicas de drenagem urbana, além de contribuir com a manutenção do ciclo da água com a recarga do lençol freático (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010, p. 171).</p>			
Metodologia			
<p>As informações referentes às superfícies permeáveis foram obtidas a partir de imagens de alta resolução. Inicialmente, as imagens foram interpretadas visualmente, traçando polígonos em torno dos objetos reconhecidos, atribuindo uma classe a cada um deles. Uma primeira estimativa de área foi obtida, em seguida as imagens foram submetidas ao processo de correção geométrica, utilizando para o cálculo um erro quadrático médio de 1,06 (CENTENO <i>et al.</i>, 2006). A área total do bairro foi obtida no SIG. O indicador foi calculado com a seguinte equação:</p> <p style="text-align: right;">Equação 9</p> $\frac{\text{Superfícies permeáveis (m}^2\text{)} \times 100}{\text{Área total do bairro (m}^2\text{)}}$ <p>Consideram-se:</p> <p>Superfícies permeáveis: áreas de vegetação, tais como jardins, gramado, árvores e solo exposto.</p> <p>Superfícies impermeáveis: telhados, pátios pavimentados, pavimentação asfáltica e calçamento (CENTENO <i>et al.</i>, 2006).</p>			
Critério de avaliação			
Quantitativo (coeficiente de permeabilidade $\geq 20\%$) e qualitativo (quanto maior o seu valor, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

Uso misto (B10)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Ambiental	%	AEUB, 2012	Visita in loco
Descrição			
<p>Indica a proporção de diversidade de atividades no bairro.</p> <p>A incorporação de vários usos não residenciais, tais como atividades comerciais, institucionais e de serviços, pode reduzir a dependência de veículos particulares, proporcionar oportunidades de trabalho e melhorar a interação entre os moradores.</p>			
Metodologia			
<p>As informações referentes às áreas dos estabelecimentos foram obtidas a partir de imagens de alta resolução. Inicialmente, as imagens foram interpretadas visualmente, traçando polígonos em torno dos objetos reconhecidos, atribuindo uma classe a cada um deles, que correspondem aos usos observados no levantamento de campo. Uma primeira estimativa de área foi obtida, em seguida as imagens foram submetidas ao processo de correção geométrica, utilizando para o cálculo um erro quadrático médio de 1,06 (CENTENO et al., 2006). A área total do bairro foi obtida no SIG. O indicador foi calculado com a seguinte equação:</p> <p style="text-align: right;">Equação 10</p> $\frac{\text{Superfícies não residenciais (m}^2\text{)}}{\text{Superfície edificada total (m}^2\text{)}} \times 100$ <p>Consideram-se uso não residencial: educacionais, entretenimento, comercial, escritório, serviços.</p>			
Critério de avaliação			
Qualitativo (quanto maior o seu valor, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

Redução do uso de energia (B18)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Ambiental	Kwh/m ²	ABNT, 2017	Distribuidora de energia
Descrição			
<p>Indica o consumo de energia de edifícios públicos por ano (Kwh/m²).</p> <p>A redução do consumo de energia pelos edifícios contribui com a redução das emissões de gases de efeito estufa, o que pode auxiliar no combate às mudanças climáticas e alcançar uma economia de baixo carbono (ABNT, 2017).</p>			
Metodologia			
<p>O consumo de energia de elétrica anual dos edifícios públicos presentes no bairro foi consultado junto à distribuidora de energia elétrica, RGE. Os edifícios públicos foram delineados por fotografia aérea e a área total calculada utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG). No segundo momento, o indicador foi calculado com a seguinte equação:</p> <p style="text-align: right;">Equação 11</p> $\frac{\text{Consumo total de energia elétrica edifícios públicos}}{\text{Área total edifícios públicos}}$ <p>Consideram-se edifícios públicos os edifícios de propriedade do governo, como escolas, hospitais, repartições públicas (ABNT, 2017).</p>			
Critério de avaliação			
Qualitativo (quanto maior o seu valor, menor a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

Acesso à educação (B19)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Social	%	CRITERION PLANNERS, 2007	Secretaria Municipal de Educação, Coordenadoria Regional de Educação
Descrição			
<p>Indica a proporção de população residente com acesso à escola.</p> <p>O acesso à educação é um direito universal, assegura ao educando a formação para o exercício da cidadania e qualificação para o mercado de trabalho (BRASIL, 1996).</p>			
Metodologia			
<p>O acesso à educação se refere à extensão em que as habitações residenciais estão localizadas a uma distância de 500 metros da escola de educação infantil ou ensino fundamental e de 800 metros de escola de ensino médio (CASTELLO, 2008). As escolas são demarcadas no sistema de informação geográfica, a distância correspondente é indicada, o número de habitações é determinado e a densidade populacional é estimada, isto permite estimar a população com acesso. O indicador é determinado usando a equação:</p> <p style="text-align: right;">Equação 12</p> $\frac{\text{Número de pessoas com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$			
Critério de avaliação			
Qualitativo (quanto maior o seu valor, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

Preservação do patrimônio existente (B23)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Social	Unidade	BRASIL, 2008	Visita in loco
Descrição			
<p>Indica a proporção de imóveis que necessitam de reabilitação.</p> <p>A reabilitação de imóveis contribui com a preservação do patrimônio arquitetônico e cultural, a redução do déficit habitacional, auxilia na recuperação do estoque imobiliário, proporcionando melhorias nas condições de habitabilidade para a permanência de residentes, incluindo os centros históricos (BRASIL, 2008; CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).</p>			
Metodologia			
<p>Os imóveis que necessitam de reabilitação (fachada principal degradada ou imóvel em ruína) foram identificados em visita in loco nos bairros analisados. O indicador foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:</p> $\frac{\text{Número de imóveis degradados}}{\text{Total de imóveis}}$ <p style="text-align: right;">Equação 13</p>			
Critério de avaliação			
<p>Qualitativo (quanto maior o seu valor, menor a qualidade do espaço urbano e menor a contribuição para a sustentabilidade urbana).</p>			

Saneamento básico (B36)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Ambiental	%	ABNT, 2017	Companhia de abastecimento (CORSAN); IBGE, 2010
Descrição			
Indica a proporção de população atendida pelo sistema de esgoto. A coleta de esgoto está relacionada a saúde pública e a qualidade de vida da população residente.			
Metodologia			
A determinação da porcentagem da população atendida por rede de coleta de esgoto inicia com o levantamento do número de domicílios conectados a um sistema público de esgoto, cuja informação é obtida no censo do IBGE (2010). Esse dado é multiplicado pelo número médio de habitantes por família residente no bairro analisado, esse resultado determina o número de pessoas atendidas com coleta de esgoto. O indicador é determinado pela seguinte equação:			
$\frac{\text{Número de pessoas no bairro atendidas por coleta de esgoto}}{\text{População total do bairro}} \times 100$			Equação 14
Critério de avaliação			
Qualitativo (quanto maior o valor, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano (B39)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Econômico	%	CRITERION PLANNERS, 2007	Visita in loco
Descrição			
<p>Indica a porcentagem de residências localizadas a menos de 400m dos diferentes tipos de atividades comerciais de uso diário, considerando acesso à cinco atividades simultâneas.</p> <p>A proximidade das atividades comerciais de uso diário é importante que estejam em um raio próximo à sua residência, isto facilita o deslocamento a pé, reduzindo os grandes deslocamentos para compras.</p>			
Metodologia			
<p>As atividades comerciais cotidianas foram obtidas em levantamento a campo. Para cada atividade observada foi determinado um raio de influência de 400 metros (CASTELLO, 2008). O indicador é determinado utilizando a seguinte equação:</p> <p style="text-align: right;">Equação 15</p> $\frac{\text{Nº de residências dentro da distância das atividades}}{\text{Total de residências}} \times 100$ <p>Atividades comerciais de uso cotidiano: padaria, fruteira, açougue, produtos variados em pequenas lojas, farmácia, revisteira, produtos variados em mercados.</p>			
Critério de avaliação			
Qualitativo (quanto maior o valor, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

Proximidade ao transporte público (B40)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Social	%	CRITERION PLANNERS, 2007	Visita in loco
Descrição			
<p>Indica a proporção da população com acesso ao transporte público.</p> <p>Dispor de acessibilidade ao transporte público permite a democratização da mobilidade, uma vez que esse modo de transporte deve estar disponível para toda a população. Incentiva padrões de viagens mais sustentáveis, com menor consumo de energia, menos barulho, mais seguro e mais adequado para diminuir o tráfego e menos poluente.</p>			
Metodologia			
<p>Para definir a proximidade ao transporte público, a localização das paradas de ônibus foram georeferenciadas. Com base no número de habitações a uma distância de 100m, 200m e 300 metros da parada de ônibus mais próxima (FERRAZ; TORRES, 2004), a densidade populacional foi estimada, o que permitiu estimar a população com acesso. A informação do número de população residente no bairro se refere ao censo demográfico disponibilizado pelo IBGE (2010). Esse indicador foi calculado com a seguinte fórmula:</p>			
$\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$			Equação 16
Critério de avaliação			
Qualitativo (quanto maior o valor de cobertura melhor acesso à instalação, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

Cidadania digital (B42)			
Categoria	Unidade de Medida	Fonte	Informação
Institucional	%	ABNT, 2017	Empresas fornecedoras dos serviços de telecomunicações
Descrição			
<p>Proporção de população residente com acesso à internet.</p> <p>O acesso à internet permite a população acesso à informação e conectividade com as tecnologias de telecomunicação (ABNT, 2017).</p>			
Metodologia			
<p>O número da população com acesso à internet é obtido junto às empresas fornecedoras dos serviços de telecomunicações. A informação do número de população residente no bairro se refere ao censo demográfico disponibilizado pelo IBGE (2010). Esse indicador foi calculado com a seguinte fórmula:</p> <p style="text-align: right;">Equação 17</p> $\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$			
Critério de avaliação			
Qualitativo (quanto maior o seu valor, maior a contribuição para a sustentabilidade urbana).			

9 APÊNDICE C: Análise de Cluster

Para a identificação do conjunto de bairros foi aplicada a análise de cluster, utilizando o método hierárquico e não hierárquico como procedimentos de partição. Primeiramente, realizou-se a verificação de observações atípicas com a medida de D^2 de Mahalanobis, conforme a Tabela 28 a seguir.

Tabela 28: Identificação de potenciais observações atípicas com a medida de D^2 de Mahalanobis

Observação	D^2 de Mahalanobis	Observação	D^2 de Mahalanobis
S1	15,409	S20	0,56
S3	7,361	S19	0,542
S2	3,795	S12	0,518
S9	3,177	S10	0,486
S14	1,658	S17	0,437
S7	1,657	S15	0,429
S13	1,384	S22	0,369
S6	1,248	S5	0,229
S4	1,087	S11	0,187
S16	0,693	S21	0,096
S8	0,674	S18	0,004

Fonte: Autora, 2020.

Os resultados da Tabela 28 apresentaram os valores da medida D^2 para cada observação, em ordem decrescente. A observação S1 apresenta valor elevado em comparação com os demais, podendo ser considerado como uma observação distinta dos demais, porém nesse caso não será eliminada da análise.

A primeira solução gerada pela análise hierárquica considerou o algoritmo de agrupamento, o método de ligação média e a medida de similaridade, a distância euclidiana quadrada. A Tabela 29 apresenta o coeficiente de aglomeração e o esquema de agrupamento.

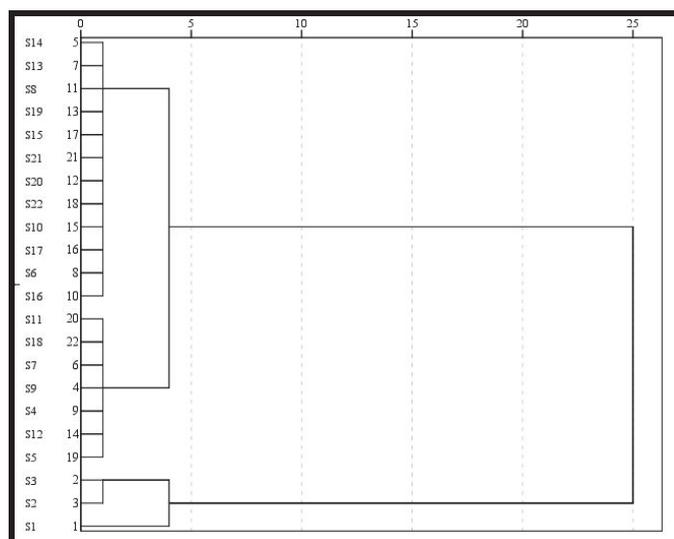
Tabela 29: Coeficiente de aglomeração e esquema de agrupamento para análise hierárquica

Estágio	Cluster combinado		Coeficientes	O cluster de estágio é exibido primeiro		Próximo estágio
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	5	7	0,000	0	0	18
2	11	13	0,002	0	0	13
3	20	22	0,003	0	0	8
4	2	3	0,003	0	0	20
5	12	18	0,003	0	0	9
6	15	16	0,004	0	0	9
7	17	21	0,010	0	0	13
8	6	20	0,014	0	3	12
9	12	15	0,017	5	6	15
10	8	10	0,027	0	0	15
11	9	14	0,034	0	0	14
12	4	6	0,034	0	8	17
13	11	17	0,044	2	7	16
14	9	19	0,086	11	0	17
15	8	12	0,095	10	9	16
16	8	11	0,226	15	13	18
17	4	9	0,502	12	14	19
18	5	8	0,525	1	16	19
19	4	5	1,688	17	18	21
20	1	2	2,027	0	4	21
21	1	4	13,242	20	19	0

Fonte: Autora, 2020.

A Tabela 29 contém o esquema de agrupamento, no estágio 1 os agrupamentos 5 e 7 são os primeiros dois grupos a se unirem, e serão combinados novamente no estágio 18. No estágio 19, os agrupamentos 4 e 5 são unidos com um coeficiente de aglomeração de 1,688. O agrupamento 4 foi inicialmente formado no estágio 17, enquanto que o 5 é um agrupamento provindo do estágio 18. Para esta solução a Figura 51 mostra o dendograma para as 22 observações. No topo do dendograma pode-se identificar 12 observações, na base 3 observações, onde o último caso (S1) se uniu tardiamente, o que pode ser considerada uma possível observação atípica. A parte média do dendograma forma o agregado de 7 observações.

Figura 51: Dendrograma de análise hierárquica usando ligação média (entre grupos)



Fonte: Autora, 2020.

A segunda solução considerou o método Ward como algoritmo de agrupamento e a medida de similaridade, a distância euclidiana quadrada. A Tabela 30 mostra os coeficientes de aglomeração e o esquema de agrupamento para essa solução.

Tabela 30: Coeficiente de aglomeração e esquema de agrupamento para análise hierárquica

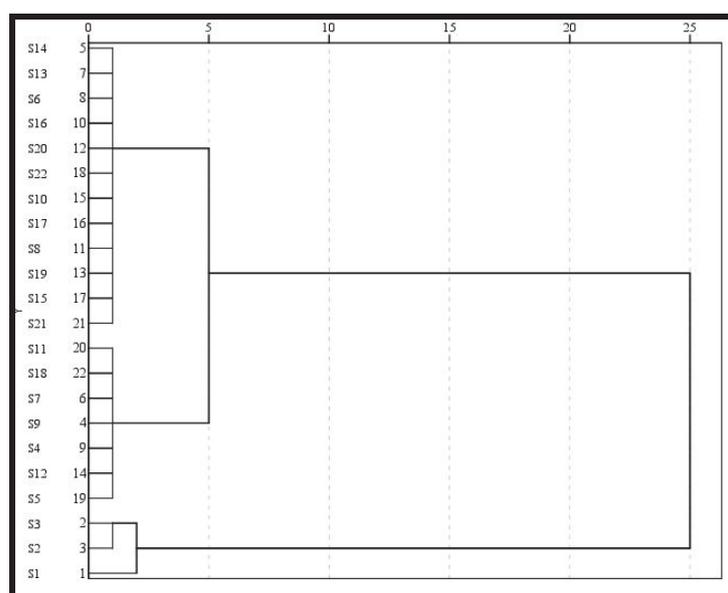
Estágio	Cluster combinado		Coeficientes	O cluster de estágio é exibido primeiro		Próximo estágio
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	5	7	0,000	0	0	15
2	11	13	0,001	0	0	13
3	20	22	0,003	0	0	8
4	2	3	0,004	0	0	19
5	12	18	0,006	0	0	10
6	15	16	0,008	0	0	10
7	17	21	0,013	0	0	13
8	6	20	0,022	0	3	12
9	8	10	0,035	0	0	15
10	12	15	0,050	5	6	16
11	9	14	0,067	0	0	14
12	4	6	0,090	0	8	17
13	11	17	0,131	2	7	16
14	9	19	0,183	11	0	17
15	5	8	0,280	1	9	18
16	11	12	0,512	13	10	18

Estágio	Cluster combinado		Coeficientes	O cluster de estágio é exibido primeiro		Próximo estágio
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
17	4	9	1,319	12	14	20
18	5	11	2,326	15	16	20
19	1	2	3,678	0	4	21
20	4	5	10,045	17	18	21
21	1	4	42,000	19	20	0

Fonte: Autora, 2020.

O método Ward se mostra similar ao método de ligação média, diferindo os agrupamentos combinados nos estágios 9, 10, 15, 16, 18, 19 e 20, porém difere nos estágios que formam o próximo agrupamento. O coeficiente de aglomeração mostra grandes aumentos quando se passa dos estágios 16 para 17 (0,512 para 1,319), 19 para 20 (3,678 para 10,045) e 20 para 21 (10,045 para 42,000). O coeficiente de aglomeração para o estágio 21 é de 42,000, que representa a heterogeneidade quando os dois agrupamentos finais são unidos em um só agregado. O dendograma da Figura 52 gerado pelo método Ward é semelhante ao anterior.

Figura 52: Dendograma de análise hierárquica usando método Ward



Fonte: Autora, 2020.

Ao comparar os coeficientes de aglomeração das soluções foram identificados três agrupamentos e quatro agrupamentos na primeira solução e, cinco agrupamentos na segunda como candidatos para o conjunto preliminar de soluções a serem examinadas pela análise não hierárquica.

Para a definição do número de clusters retidos foi aplicado o critério do R-Quadrado, que indica o percentual de explicação da variância total em cada solução, os resultados estão expressos na Tabela 31.

Tabela 31: Soma dos quadrados das variáveis

Nº Cluster	R- Quadrado	Nº Cluster	R- Quadrado
1	0	6	0,9821
2	0,7608	7	0,9930
3	0,7923	8	0,9956
4	0,9444	9	-0,9969
5	0,9637	10	-0,9979

Fonte: Autora, 2020.

A classificação de cada caso nos clusters retidos foi refinada pelo procedimento não hierárquico K-means (K=5), o qual resultou na seguinte classificação:

Cluster 1: S1.

Cluster 2: S2 e S3.

Cluster 3: S4, S5 e S12

Cluster 4: S7, S8, S9, S11, S18, S15, S19 e S21.

Cluster 5: S6, S10, S13, S14, S16, S17, S20 e S22.

Como sugere Marôco (2011) foi realizada a análise estatística F da ANOVA para identificar a variável que mais contribuiu com a formação dos clusters, de acordo com o autor, o significado do cluster está atrelado a variável que obteve o maior valor da estatística F. Neste caso, a variável V1 – renda (144,915) obteve o maior valor em comparação com a V2 – população (135,209). Dessa forma os clusters foram nomeados conforme a renda: alta, média alta, média, média baixa e baixa, respectivamente. O Quadro 29 apresenta os clusters com a especificação dos respectivos bairros.

Quadro 29: Clusters com a especificação dos respectivos bairros que compõem os setores

Cluster	Sector 01	Região do Bairro Centro e Vila Vergueiro	Bairro Centro	Sector 01	Região do Bairro Centro e Vila Vergueiro	Vila Nicolau Vergueiro
Cluster 1	Sector 01	Região do Bairro Centro e Vila Vergueiro	Bairro Centro	Sector 01	Região do Bairro Centro e Vila Vergueiro	Vila Nicolau Vergueiro
			Bairro Boqueirão	3		Loteamento AABBB
			Conjunto Habitacional Edmundo Trein	4		Loteamento Nonoai
			Conjunto Habitacional Luiz Sechi	5		Loteamento Parque Leão XIII
			Loteamento Menino Deus	6		Loteamento São Bento
		Sector 02	Região do Bairro Boqueirão	7	Sector 03	Região do Bairro Vera Cruz
			Loteamento Morada da Colina	8		Vila Dona Eliza
			Loteamento Pampa	9		Vila Hípica
			Vila Berthier	10		Vila Primeiro Centenário
			Vila Independente	11		Vila Vera Cruz
			Vila Operária			
Cluster 2			Loteamento Cidade Universitária	20		Loteamento César Santos
			Loteamento Invernadinha (Distrito Industrial)	21		Loteamento Copacabana
			Loteamento Planalto	22		Loteamento Jardim André Rebechi
		Sector 04	Região do Bairro Petrópolis	23	Sector 12	Região do Bairro São Cristóvão
			Loteamento Umbú	24		Loteamento Santo Antônio
			Parque Jardim Botânico	25		Loteamento São Cristóvão
			Vila Petrópolis	26		Loteamento São Cristóvão II
			Vila Polidoro Albuquerque	27		Loteamento Via Sul
				28		Vila Ricci
			Bairro São Luiz	29		Parque Bela Vista
			Chácara Bela Vista	30		Vila Entre Rios
Cluster 3	Sector 05	Região do Bairro São Luiz Gonzaga	Loteamento Manoel Corralo	Sector 05	Região do Bairro São Luiz Gonzaga	Vila Ferroviários
			Loteamento Nova Estação	31		Vila Isabel
			Loteamento Parque Farrroupilha			

Setor 07 Região do Bairro Lucas Araújo	Condomínio Bosque Village	38	Região do Bairro Santa Marta	Loteamento Força e Luz	45
	Loteamento Don Rodolfo	39		Loteamento Jardim América	46
	Vila Carmem (parte)	40		Vila 20 de Setembro	47
	Vila Lucas Araújo	41		Vila Donária	48
	Vila Reis (parte)	42		Vila Nossa Senhora Aparecida	49
	Vila Schel (parte)	43		Vila Santa Marta	50
	Vila Simon	44			
	Bairro Recreio	51		Bairro São José	62
	Loteamento Boqueirão	52		Campus UPF	63
	Loteamento Jaboticabal	53		Loteamento Canaã	64
Setor 09 Região do Bairro Integração	Loteamento Morada do Sol	54	Loteamento Coronel Massot	65	
	Loteamento Parque do Sol	55	Loteamento Leonardo Ilha	66	
	Loteamento Professor Schisler	56	Vila Armando Annes	84	
	Vila Jerônimo Coelho	57	Vila Dona Elisa	85	
	Vila Xangrilá	58	Vila Santa Terezinha	86	
	Loteamento Edu Reis	93	Vila Popular	103	
	Vila Ambrozina	94	Vila Rodrigues	104	
	Vila Boa Vista	95	Loteamento Dom Felipe	110	
	Vila Guilherme Morsch	96	Loteamento Escola Rural	111	
	Vila Jardim	97	Loteamento Bom Jesus	112	
Setor 18 Região do Bairro Vila Luiza	Vila Luiza	98	Vila Exposição (parte)	113	
	Vila Reis (parte)	99	Vila Ivo Ferreira	114	
	Vila São João	100	Vila Planaltina	115	
	Vila Schel (parte)	101			
	Vila Tupinambá	102			
	Vila Alice	36	Loteamento Santa Ines	75	
	Vila Cruzeiro	37	Loteamento Mattos (parte)	76	
	Bairro Cidade Nova	59	Loteamento Parque Turístico	77	
	Bairro Victor Issler	60	Loteamento Res. dos Pinheirais	78	
	Condomínio La Barra	61	Loteamento Santa Rita	79	
Setor 14 Região do Bairro Vila Mattos	Loteamento Maggi	80	Bairro Valinhos	88	
	Loteamento Novo Horizonte (parte)	81	Distrito Industrial	89	
	Loteamento Via Sul (parte)	82	Loteamento Pio XII	90	
	Vila Mattos	83	Parque dos Comercários	91	
	Bairro José Alexandre Zacchia	87	Vila Industrial	92	
	Vila Alice	105	Loteamento Costa Verde	116	
	Vila Nova	106	Loteamento Garden (parte)	117	
	Vila Santa Maria	107	Loteamento Nenê Graeff	118	
	Vila Remaldo Pauassi (parte)	108	Vila Dona Júlia	119	
	Vila Z. De Costi	109	Vila São Miguel	120	
Setor 06 Região do Bairro Vila Cruzeiro	Vila Alice	36	Loteamento Santa Ines	75	
	Vila Cruzeiro	37	Loteamento Mattos (parte)	76	
	Bairro Cidade Nova	59	Loteamento Parque Turístico	77	
	Bairro Victor Issler	60	Loteamento Res. dos Pinheirais	78	
	Condomínio La Barra	61	Loteamento Santa Rita	79	
	Loteamento Maggi	80	Bairro Valinhos	88	
	Loteamento Novo Horizonte (parte)	81	Distrito Industrial	89	
	Loteamento Via Sul (parte)	82	Loteamento Pio XII	90	
	Vila Mattos	83	Parque dos Comercários	91	
	Bairro José Alexandre Zacchia	87	Vila Industrial	92	
Setor 10 Região do Bairro Victor Issler	Vila Alice	105	Loteamento Costa Verde	116	
	Vila Nova	106	Loteamento Garden (parte)	117	
	Vila Santa Maria	107	Loteamento Nenê Graeff	118	
	Vila Remaldo Pauassi (parte)	108	Vila Dona Júlia	119	
	Vila Z. De Costi	109	Vila São Miguel	120	

Fonte: Autora, 2020.

Categoria	Subcategoria	Ferramentas de Avaliação					Livability Index	
		BREEAM Communities	CASBEE-UD	LEED-ND	2030 Districts	Aqua Bairros e Loteamentos		
Ambiental	Infraestrutura urbana	Captação da água da chuva	Recursos hídricos	Gestão de águas pluviais				
		Avaliação de risco de inundação						
		Gestão de risco de inundações			Prevenção de planícies de inundação			
				Coleta de águas pluviais				
				Garantir tratamento de efluentes				
				Gerenciamento de águas servidas			Acesso à internet	
			Serviços de utilidade pública	Sistema de informação		Preservar/melhorar a qualidade ecológica e paisagística		
			Infraestrutura verde	Vegetação		Proporção entre espaços verdes e naturais e plantados, corredores verdes		
			Ruas seguras e atraentes		Ruas caminháveis		Vias para pedestres	Ruas seguras - limite de velocidade
	Materiais			Segurança no trânsito				Ruas seguras - taxas de acidentes
				Trafego				
			Rede de ciclismo				Deslocamentos interbarrios	
							Compromimento de ciclovias	
			Materiais de baixo impacto		Eficiência energética da infraestrutura			
			Eficiência de recursos					
					Reciclagem e reutilização da infraestrutura			
Meio Ambiente e biodiversidade	Estratégia ecológica	Biodiversidade	Projeto do terreno para conservação do habitat ou áreas úmidas e corpos d'água / Gestão de conservação a longo prazo do habitat ou áreas úmidas e corpos d'água	Produção das espécies (flora)	Respeito às zonas protegidas e às zonas de habitat das espécies			
	Valorização ecológica			Restauração do habitat ou áreas úmidas e corpos d'água				
				Conservação de espécies e comunidades ecológicas				
				Conservação de zonas úmidas e corpos d'água				
				Conservação de terras agrícolas				
				Produção local de alimentos				
				Reduzir distúrbios no terreno				
				Proteção de encostas íngremes				
				Assegurar o equilíbrio aterros/cortes e escavações				

Categoria	Subcategoria	Ferramentas de Avaliação					Livability Index
		BREEAM Communities	CASBEE-UD	LEED-ND	Água Bairros e Loteamentos	2030 Districts	
Ambiental	Poluição	Emissões de carbono de transporte	Conformidade	Redução da poluição luminosa	Redução das emissões de carbono de transporte	Qualidade do ar - produção estrada	
		Poluição luminosa					
		Poluição da água					
		Poluição sonora					
				Prevenção da poluição na atividade de construção	Nível de qualidade do ar	Qualidade do ar - poluição industrial local	
				Remediação de áreas contaminadas	Poluição dos solos		
					Redução de desconforto olfativo		
					Gás de efeito estufa		
					Exposição a fontes eletromagnéticas		
					Poluição atmosférica		
Resíduos			Reciclagem de recursos	Gerenciamento de resíduos sólidos	Qualidade de resíduos domésticos produzidos		
					Resíduos perigosos		
					Resíduos não perigosos e não inerentes e grau de valorização		
					Resíduos não perigosos e inerentes e grau de valorização		
					Resíduo não perigoso e inerte específico de atividade de construção		
Económica	Economia e Negócios	Impacto económico	Desenvolvimento económico		Desenvolvimento local		
					Parcela que pode ganhar valor económico (resíduos)		
			Conveniência bem-estar				
						Acesso a mercantias e mercados de agricultores	
Emprego	Trabalho e habilidades				Criação de emprego	Oportunidade económica - empregos por trabalhador	
				Proximidade entre residência e trabalho	Taxa de emprego	Igualdade de oportunidade - desigualdade de renda	
Institucional	Governança	Gestão comunitária de instalações			Existência de polos comuns (educação, lazer, cultura, esporte, saúde, comércio e serviços)		
					Utilização comum de energia (redes de aquecimento)		
	Inovação			Inovação			

Categoria	Subcategoria	Ferramentas de Avaliação				2030 Districts	Livability Index	
		BREEAM Communities	CASBEE-UD	LEED-ND	Água Bairros e Loteamentos			
Social	Cultura e patrimônio	Local vernacular		Preservação dos recursos históricos e	Emergência de uma identidade própria Respeito ao patrimônio existente		Acesso a bibliotecas Engajamento social - instituições Engajamento cívico - oportunidade de envolvimento cívico	
	Comunidade							
	Espaço urbano							
	Habitação							
	Mobilidade urbana							
Segurança								
Serviços								

Fonte: Autora, 2019.

11 APÊNDICE E: Teste de normalidade

O teste de normalidade foi aplicado ao conjunto das variáveis, a Tabela 32 apresenta os resultados dos testes de Shapiro-Wilks e de Kolmogorov-Smirnov. A Tabela 33 mostra os resultados dos 42 indicadores potenciais e suas respectivas médias, desvio padrão, escores de assimetria e de curtose. Esses resultados complementam a avaliação da normalidade realizada no conjunto, diante da análise no formato da distribuição (assimetria e curtose) nos histogramas plotados para cada indicador, onde a maioria apresentou características de formato diferentes da curva normal (Figura 53).

Tabela 32: Testes de normalidade

Var.	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Var.	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Est.	df	Sig.	Est.	df	Sig.		Est.	df	Sig.	Est.	df	Sig.
B1	0,321	218	0,000	0,72	218	0,000	B22	0,333	218	0,000	0,703	218	0,000
B2	0,182	218	0,000	0,874	218	0,000	B23	0,421	218	0,000	0,607	218	0,000
B3	0,462	218	0,000	0,494	218	0,000	B24	0,397	218	0,000	0,629	218	0,000
B4	0,481	218	0,000	0,413	218	0,000	B25	0,325	218	0,000	0,748	218	0,000
B5	0,317	218	0,000	0,755	218	0,000	B26	0,32	218	0,000	0,722	218	0,000
B6	0,237	218	0,000	0,819	218	0,000	B27	0,287	218	0,000	0,794	218	0,000
B7	0,478	218	0,000	0,505	218	0,000	B28	0,291	218	0,000	0,763	218	0,000
B8	0,35	218	0,000	0,718	218	0,000	B29	0,331	218	0,000	0,715	218	0,000
B9	0,425	218	0,000	0,559	218	0,000	B30	0,358	218	0,000	0,707	218	0,000
B10	0,24	218	0,000	0,8	218	0,000	B31	0,36	218	0,000	0,684	218	0,000
B11	0,162	218	0,000	0,91	218	0,000	B32	0,233	218	0,000	0,822	218	0,000
B12	0,327	218	0,000	0,737	218	0,000	B33	0,41	218	0,000	0,62	218	0,000
B13	0,421	218	0,000	0,628	218	0,000	B34	0,474	218	0,000	0,477	218	0,000
B14	0,243	218	0,000	0,827	218	0,000	B35	0,455	218	0,000	0,529	218	0,000
B15	0,473	218	0,000	0,469	218	0,000	B36	0,528	218	0,000	0,184	218	0,000
B16	0,173	218	0,000	0,906	218	0,000	B37	0,311	218	0,000	0,742	218	0,000
B17	0,222	218	0,000	0,851	218	0,000	B38	0,481	218	0,000	0,431	218	0,000
B18	0,463	218	0,000	0,546	218	0,000	B39	0,398	218	0,000	0,669	218	0,000
B19	0,429	218	0,000	0,527	218	0,000	B40	0,428	218	0,000	0,617	218	0,000
B20	0,316	218	0,000	0,757	218	0,000	B41	0,484	218	0,000	0,462	218	0,000
B21	0,444	218	0,000	0,525	218	0,000	B42	0,223	218	0,000	0,843	218	0,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: Autora, 2020.

Os testes de normalidade Shapiro-Wilks e de Kolmogorov-Smirnov comparam escores de uma amostra a uma distribuição normal modelo de mesma média e variância dos valores encontrados na amostra (FIELD, 2009, p. 112). Para o conjunto de dados os testes são significativos ($p < 0,05$), ou seja, a distribuição é diferente de uma distribuição normal.

Tabela 33: Análise descritiva dos 42 indicadores potenciais

Variáveis	Média	Erro Desvio	Transf.dados	Assimetria	Erro	Z assimetria	Curtose	Erro	Z curtose
B1	4,349	0,899	4,835	-1,591	0,165	-9,589	2,591	0,328	7,808
B2	2,592	1,331	1,947	0,321	0,165	1,936	-0,949	0,328	-2,859
B3	4,716	0,652	7,228	-2,850	0,165	-17,179	9,251	0,328	27,883
B4	4,794	0,550	8,711	-3,918	0,165	-23,619	20,615	0,328	62,129
B5	4,317	0,867	4,978	-1,219	0,165	-7,346	1,190	0,328	3,587
B6	4,046	1,006	4,022	-0,970	0,165	-5,847	0,588	0,328	1,771
B7	4,775	0,480	9,949	-2,306	0,165	-13,901	6,244	0,328	18,818
B8	4,394	0,848	5,182	-1,404	0,165	-8,461	1,734	0,328	5,226
B9	4,661	0,647	7,202	-2,624	0,165	-15,818	9,562	0,328	28,818
B10	2,110	1,272	1,658	0,997	0,165	6,010	-0,089	0,328	-0,269
B11	3,202	1,220	2,624	-0,132	0,165	-0,794	-0,849	0,328	-2,560
B12	4,335	0,892	4,861	-1,381	0,165	-8,324	1,724	0,328	5,197
B13	4,642	0,576	8,054	-1,521	0,165	-9,170	2,084	0,328	6,280
B14	4,106	0,887	4,631	-0,689	0,165	-4,153	-0,181	0,328	-0,545
B15	4,771	0,537	8,887	-3,197	0,165	-19,273	14,307	0,328	43,119
B16	2,771	1,212	2,287	0,292	0,165	1,762	-0,730	0,328	-2,201
B17	3,940	0,946	4,165	-0,704	0,165	-4,245	0,248	0,328	0,747
B18	4,729	0,539	8,775	-2,065	0,165	-12,446	4,307	0,328	12,982
B19	4,661	0,702	6,641	-2,888	0,165	-17,407	10,390	0,328	31,313
B20	4,390	0,705	6,227	-0,877	0,165	-5,287	0,115	0,328	0,348
B21	4,693	0,645	7,270	-2,825	0,165	-17,025	10,415	0,328	31,389
B22	4,445	0,755	5,884	-1,656	0,165	-9,983	3,716	0,328	11,199
B23	4,601	0,719	6,396	-2,008	0,165	-12,106	4,277	0,328	12,891
B24	4,505	0,860	5,238	-1,923	0,165	-11,590	3,362	0,328	10,132
B25	4,381	0,772	5,673	-1,140	0,165	-6,869	1,111	0,328	3,348
B26	4,422	0,722	6,123	-1,428	0,165	-8,610	3,288	0,328	9,908
B27	4,220	0,873	4,833	-0,864	0,165	-5,206	0,057	0,328	0,173
B28	4,330	0,781	5,547	-1,182	0,165	-7,124	1,533	0,328	4,621
B29	4,450	0,712	6,251	-1,445	0,165	-8,713	2,888	0,328	8,704
B30	4,514	0,616	7,322	-1,006	0,165	-6,062	0,578	0,328	1,741
B31	1,771	1,192	1,485	1,473	0,165	8,879	1,051	0,328	3,168
B32	4,032	1,018	3,962	-0,965	0,165	-5,815	0,507	0,328	1,527
B33	4,628	0,603	7,676	-1,779	0,165	-10,723	3,796	0,328	11,442
B34	4,743	0,613	7,734	-2,932	0,165	-17,674	10,131	0,328	30,534
B35	4,716	0,593	7,949	-2,625	0,165	-15,823	9,102	0,328	27,432
B36	4,931	0,372	13,269	-7,317	0,165	-44,107	64,504	0,328	194,406
B37	4,317	0,888	4,860	-1,424	0,165	-8,582	2,162	0,328	6,517
B38	4,789	0,544	8,798	-3,554	0,165	-21,425	16,406	0,328	49,445
B39	4,560	0,664	6,865	-1,316	0,165	-7,934	0,862	0,328	2,598
B40	4,606	0,686	6,715	-1,641	0,165	-9,890	1,836	0,328	5,533
B41	4,771	0,562	8,489	-2,836	0,165	-17,093	8,666	0,328	26,118
B42	3,982	0,960	4,148	-0,626	0,165	-3,772	-0,168	0,328	-0,507

Fonte: Autora, 2020.

Ao analisar os escores Z assimetria na Tabela 33 nota-se que a maioria das variáveis possui valores significativos em $p < 0,001$, com uma distribuição assimétrica

negativa, onde a curva normal encontra-se deslocada à direita. Com relação aos escores Z curtose a maioria mantém valores significativos em $p < 0,001$. Quando observadas as características de formato as variáveis B10 e B31 apresentaram desvios para curtose. O cálculo (coluna transf. dados na tabela acima) foi realizado para verificar no conjunto de dados, variáveis com efeitos perceptíveis que necessitassem de transformação de dados, onde se observou que as variáveis B2, B10, B16, B31 e B32 apresentaram proporções inferiores a 4, passíveis de transformação.

Diante desta observação de que algumas variáveis apresentaram proporções inferiores a 4, se procedeu à transformação de dados. O Quadro 31 mostra a descrição da distribuição realizada a partir da inspeção visual dos histogramas (Figura 53) e a respectiva ação corretiva.

Quadro 31: Ações corretivas para a transformação de dados

Variável	Descrição da distribuição	Transformação
B2	Com pico e assimetria positiva	Logaritmo
B10	Com pico e assimetria positiva	Logaritmo
B16	Distribuição quase uniforme	Raiz quadrada
B31	Achatada	Inversa
B32	Com pico e assimetria negativa	Termo quadrado

Fonte: Autora, 2020, a partir de Hair *et al.*, 2009.

A ação corretiva para transformação de dados foi aplicada para cada variável. Duas variáveis (B2 e B10) foram transformadas por logaritmo, enquanto B16 foi transformada por raiz quadrada, B31 inversa e a B32 foi transformada por termo quadrado. A Tabela 34 demonstra a análise descritiva após a transformação dos dados, e a Figura 54 apresenta os efeitos da transformação.

Tabela 34: Análise descritiva comparativa das variáveis originais e após a transformação dos dados

Variáveis	Média	Erro Desvio	Transf.dados	Assimetria	Erro	Z assimetria	Curtose	Erro	Z curtose
B2	2,590	1,331	1,946	0,321	0,165	1,935	-0,949	0,328	-2,860
B2N	0,520	0,168	3,095	-0,139	0,165	-0,838	-1,292	0,328	-3,894
B10	2,110	1,272	1,659	0,997	0,165	6,010	-0,089	0,328	-0,268
B10N	0,460	0,163	2,822	0,545	0,165	3,285	-0,973	0,328	-2,932
B16	2,770	1,212	2,285	0,292	0,165	1,760	-0,730	0,328	-2,200
B16N	1,620	0,376	4,309	-0,126	0,165	-0,759	-0,782	0,328	-2,357
B31	1,770	1,192	1,485	1,473	0,165	8,879	1,051	0,328	3,168
B31N	0,950	0,221	4,299	0,757	0,165	4,563	-1,135	0,328	-3,421
B32	4,030	1,018	3,959	-0,965	0,165	-5,817	0,507	0,328	1,528
B32N	1,99	0,283	7,032	-1,446	0,165	-8,716	2,357	0,328	7,104

Fonte: Autora, 2020.

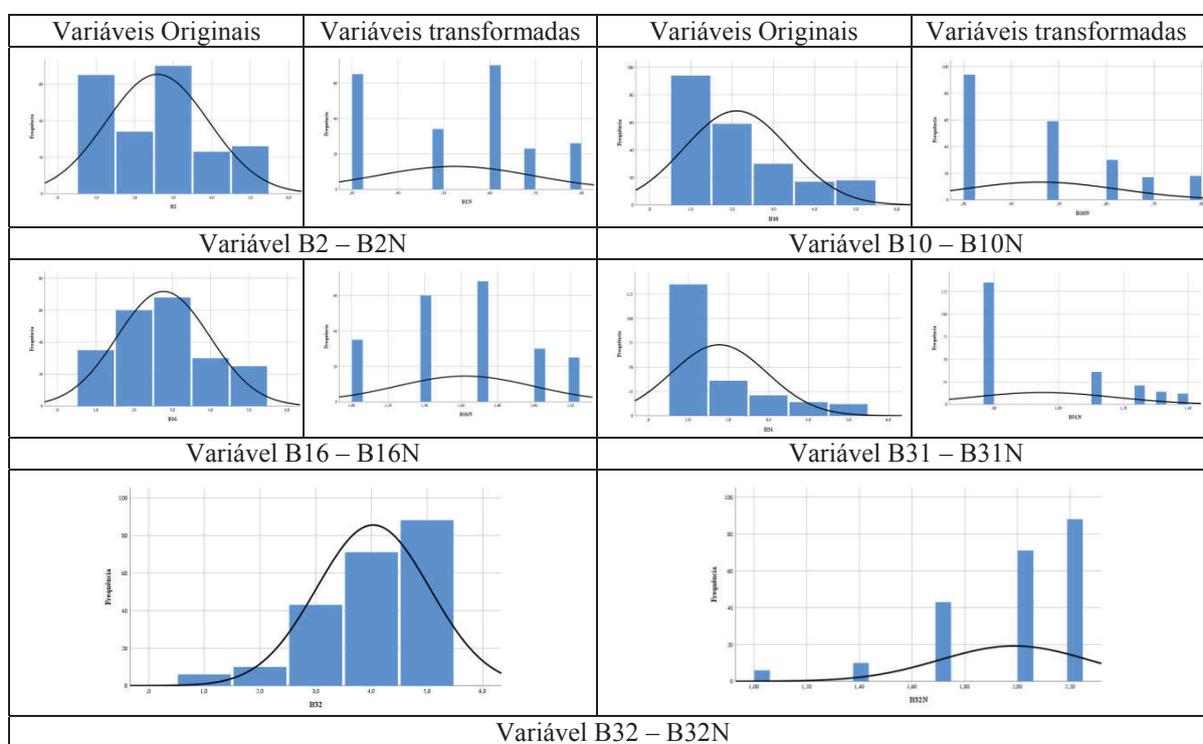
Figura 53: Histogramas



Fonte: Autora, 2020.

As variáveis transformadas não demonstraram significativa melhora na distribuição normal nas representações gráficas, e os descritores estatísticos não foram melhorados significativamente. Nesse caso, como as variáveis transformadas não obtiveram melhoras significativas na distribuição normal, e os desvios de normalidade não são extremos em qualquer uma das variáveis originais, considerando que o impacto da normalidade diminui quando a amostra supera 200 casos, como coloca Hair *et al.* (2009), as variáveis foram utilizadas em sua forma original na análise fatorial.

Figura 54: Comparação dos histogramas das variáveis transformadas



Fonte: Autora, 2020.

12 APÊNDICE F: Correlação entre variáveis

A correlação entre as variáveis foi verificada a partir do coeficiente de correlação de Spearman, com a análise da matriz de correlação (Tabela 35). A inspeção inicial da matriz revela que 60% das variáveis são significantes no nível 0,01, o que fornece uma base adequada para seguir com o exame empírico de adequação para a análise fatorial. Todos os coeficientes de correlação significativos, valores acima de 0,30, estão em negrito na Tabela 35.

A tabulação do número de correlações significantes por variável apresenta um intervalo de 0 (B16) a 26 (B39). De acordo com Hair *et al.*, (2009) inexistem parâmetros para análise dos intervalos, o que se coloca inicialmente são variáveis sem correlações significantes podem não ser parte de qualquer fator, e se uma variável tem um grande número de correlações podem estar em diversos fatores. Ambos os casos, passíveis de eliminação das variáveis antes da execução da análise de fatores (FIELD, 2009, p. 571, 572).

Tabela 35: Matriz de correlação de Spearman

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	
B1 Coef.	1,000	0,109	,185**	,241**	,391**	,282**	,262**	,274**	,376**	0,004	,301**	,422**	,274**	,251**	,142*	0,025	,269**	0,124	,273**	0,123	,261**	,269**	,239**	,221**	,288**	,284**	,248**	,327**	,280**	,261**	
B1 Sig.		0,110	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,947	0,000	0,000	0,036	0,710	0,000	0,067	0,000	0,067	0,000	0,069	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B2 Coef.		1,000	-0,001	0,028	-0,006	-0,003	0,101	0,039	-0,027	,454**	0,078	-0,011	-0,017	,188**	0,045	,224**	0,043	0,117	0,026	0,039	-0,060	0,105	-,136*	0,024	,209**	0,084	-0,090	0,100	0,058	0,03	
B2 Sig.			0,989	0,684	0,925	0,961	0,139	0,569	0,690	0,000	0,251	0,867	0,805	0,005	0,048	0,001	0,532	0,086	0,704	0,567	0,378	0,121	0,045	0,729	0,002	0,216	0,183	0,141	0,394	0,56	
B3 Coef.			1,000	,356**	,258**	,268**	0,053	,222**	,266**	-0,042	,233**	,287**	,281**	0,101	,283**	0,008	0,124	,134*	,235**	0,128	0,117	,174**	,142*	0,117	0,085	,254**	,261**	,250**	,258**	0,10	
B3 Sig.				0,000	0,000	0,000	0,433	0,001	0,000	0,541	0,001	0,000	0,000	0,136	0,000	0,908	0,067	0,049	0,000	0,059	0,084	0,010	0,036	0,084	0,211	0,000	0,000	0,000	0,000	0,14	
B4 Coef.				1,000	,248**	,212**	,213**	0,111	,210**	-0,050	0,094	,266**	,165*	0,121	,283**	-0,047	0,115	,263**	,296**	0,068	,161*	,203**	0,102	0,061	,200**	,316**	,287**	,233**	,229**	,290**	
B4 Sig.					0,000	0,002	0,101	0,002	0,002	0,465	0,169	0,000	0,015	0,074	0,000	0,494	0,091	0,000	0,320	0,320	0,017	0,003	0,132	0,368	0,003	0,000	0,000	0,001	0,001	0,00	
B5 Coef.					1,000	,420**	,262**	,346**	,272**	-0,058	,211**	,452**	,254**	,282**	,277**	0,061	,237**	,240**	,223**	,193**	,199**	,215**	,372**	,188**	,268**	,337**	,233**	,405**	,332**	,254**	
B5 Sig.						0,000	0,000	0,000	0,000	0,393	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,371	0,000	0,000	0,001	0,004	0,003	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000	0,001	0,000	0,00		
B6 Coef.						1,000	,303**	,301**	,286**	0,023	,237**	,373**	,264**	,203**	0,098	0,028	,237**	,145*	,178**	,207**	,189**	,260**	,295**	,167*	,272**	,246**	,226**	,365**	,360**	,263**	
B6 Sig.							0,000	0,000	0,000	0,733	0,000	0,000	0,000	0,003	0,151	0,686	0,000	0,033	0,002	0,005	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000	0,001	0,000	0,00		
B7 Coef.							1,000	,389**	,375**	-0,028	0,101	,360**	,390**	,272**	,192**	-0,039	0,036	,280**	0,099	,213**	,260**	,235**	,275**	,301**	,327**	,238**	,228**	,298**	,246**	,353**	
B7 Sig.								0,000	0,000	0,676	0,137	0,000	0,000	0,000	0,004	0,569	0,594	0,000	0,144	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,00		
B8 Coef.								1,000	,440**	-0,013	,332**	,438**	,359**	,326**	0,100	0,121	,197**	,256**	,169*	,250**	,264**	,427**	,442**	,182**	,388**	,311**	,374**	,428**	,518**	,325**	
B8 Sig.									0,000	0,851	0,000	0,000	0,000	0,000	0,140	0,074	0,003	0,000	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
B9 Coef.									1,000	-0,057	,203**	,449**	,358**	,293**	,182**	0,029	,206**	,166*	,213**	,200**	,269**	,326**	,320**	,190**	,343**	,341**	,316**	,445**	,428**	,342**	
B9 Sig.										0,405	0,003	0,000	0,000	0,000	0,007	0,673	0,002	0,014	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
B10 Coef.										1,000	,245**	0,032	0,019	0,057	-0,043	,166*	0,061	-0,004	-0,001	-0,012	-0,061	0,111	-0,082	-0,060	0,121	0,062	0,015	0,002	-0,014	0,05	
B10 Sig.											0,000	0,643	0,781	0,406	0,528	0,014	0,367	0,957	0,991	0,859	0,372	0,102	0,229	0,377	0,074	0,362	0,826	0,975	0,838	0,45	
B11 Coef.											1,000	,401**	,307**	,203**	0,082	0,056	,396**	0,069	,151*	0,128	,251**	,351**	,250**	,254**	,175**	,243**	,342**	,255**	,297**	,244**	
B11 Sig.												0,000	0,000	0,003	0,226	0,410	0,000	0,307	0,026	0,060	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
B12 Coef.												1,000	,433**	,394**	,250**	-0,018	,298**	,256**	,260**	,214**	,380**	,483**	,355**	,253**	,317**	,394**	,403**	,489**	,589**	,387**	
B12 Sig.													0,000	0,000	0,792	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
B13 Coef.													1,000	,287**	,287**	0,077	,235**	,268**	,150*	,287**	,399**	,387**	,330**	,239**	,396**	,365**	,291**	,428**	,525**	,525**	
B13 Sig.														0,001	0,020	0,001	0,000	0,030	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
B14 Coef.														1,000	,232**	,157*	,224**	,236**	,147*	,240**	,227**	,363**	,245**	,288**	,403**	,388**	,299**	,374**	,397**	,304**	
B14 Sig.															0,001	0,020	0,001	0,000	0,030	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
B15 Coef.															1,000	0,110	0,127	,379**	,386**	,272**	,319**	,309**	,157*	0,093	,248**	,292**	,236**	,298**	,394**		
B15 Sig.																0,104	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,172	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
B16 Coef.																1,000	,241**	,186**	0,042	-0,022	0,031	0,052	0,011	0,064	,221**	0,041	,163*	0,128	0,105		
B16 Sig.																	0,000	0,006	0,535	0,750	0,645	0,448	0,870	0,344	0,001	0,548	0,016	0,058	0,122		
B17 Coef.																	1,000	,265**	,245**	,134*	,196**	,268**	0,114	0,111	,203**	,268**	,333**	,238**	,322**	,161**	
B17 Sig.																		0,000	0,000	0,048	0,004	0,000	0,092	0,103	0,003	0,000	0,000	0,000	0,00		
B18 Coef.																		1,000	,464**	,333**	,360**	,335**	,266**	,164*	,287**	,357**	,313**	,323**	,370**	,389**	
B18 Sig.																			0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

* A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B								
B19	Coef.									1,000																												
	Sig.																																					
B20	Coef.									1,000																												
	Sig.																																					
B21	Coef.									1,000																												
	Sig.																																					
B22	Coef.									1,000																												
	Sig.																																					
B23	Coef.										1,000																											
	Sig.																																					
B24	Coef.											1,000																										
	Sig.																																					
B25	Coef.												1,000																									
	Sig.																																					
B26	Coef.													1,000																								
	Sig.																																					
B27	Coef.																																					
	Sig.																																					
B28	Coef.																																					
	Sig.																																					
B29	Coef.																																					
	Sig.																																					
B30	Coef.																																					

** A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

* A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

		B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	B38	B39	B40	B41	B42
B1	Coef.	-,220**	,187**	,350**	,153*	,245**	,136*	,146*	,187**	,269**	,258**	,194**	,283**
	Sig.	0,001	0,006	0,000	0,024	0,000	0,045	0,032	0,006	0,000	0,000	0,004	0,000
B2	Coef.	,153*	0,022	-0,066	0,032	0,009	0,003	0,053	-0,004	0,008	0,008	-0,031	0,106
	Sig.	0,024	0,745	0,329	0,634	0,900	0,966	0,433	0,959	0,910	0,908	0,651	0,119
B3	Coef.	-0,117	,166*	,164*	0,048	,218**	0,113	,149*	0,097	,182**	0,063	,161*	,139*
	Sig.	0,085	0,014	0,015	0,476	0,001	0,097	0,028	0,155	0,007	0,357	0,018	0,041
B4	Coef.	-0,102	,213**	0,080	0,119	,206**	,191**	,168*	,167*	0,133	0,086	,214**	0,048
	Sig.	0,133	0,002	0,240	0,080	0,002	0,005	0,013	0,014	0,050	0,207	0,001	0,483
B5	Coef.	-,231**	0,109	,217**	,182**	,330**	,168*	,189**	,280**	,318**	,315**	,180**	,461**
	Sig.	0,001	0,109	0,001	0,007	0,000	0,013	0,005	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000
B6	Coef.	-,137*	,144*	,249**	0,125	,244**	0,000	0,122	,220**	,327**	,226**	0,087	,439**
	Sig.	0,044	0,034	0,000	0,066	0,000	0,995	0,072	0,001	0,000	0,001	0,203	0,000
B7	Coef.	-,210**	,144*	,315**	,145*	,320**	0,124	,141*	,366**	,254**	,255**	0,052	,195**
	Sig.	0,002	0,033	0,000	0,032	0,000	0,067	0,037	0,000	0,000	0,000	0,448	0,004
B8	Coef.	-,267**	,146*	,285**	0,029	,320**	0,107	,167*	,281**	,318**	,282**	,158*	,463**
	Sig.	0,000	0,031	0,000	0,674	0,000	0,114	0,014	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000
B9	Coef.	-,300**	,189**	,285**	0,044	,365**	,262**	,342**	,387**	,415**	,326**	0,130	,334**
	Sig.	0,000	0,005	0,000	0,521	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,055	0,000
B10	Coef.	,261**	-0,009	-0,040	0,011	-,165*	-,169*	0,035	-0,088	-0,013	0,013	-0,047	0,118
	Sig.	0,000	0,901	0,559	0,873	0,015	0,012	0,607	0,193	0,848	0,851	0,487	0,081
B11	Coef.	-0,115	,233**	0,121	0,002	,197**	-0,039	,178**	,155*	,330**	,264**	,199**	,283**
	Sig.	0,090	0,001	0,075	0,977	0,003	0,564	0,009	0,022	0,000	0,000	0,003	0,000
B12	Coef.	-,332**	,302**	,373**	0,086	,336**	,167*	,203**	,312**	,368**	,358**	,202**	,288**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,205	0,000	0,013	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
B13	Coef.	-,273**	,309**	,337**	,164*	,352**	,138*	,251**	,237**	,349**	,258**	,250**	,370**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B14	Coef.	-,158*	,211**	,218**	0,116	,307**	0,037	,243**	,243**	,272**	,233**	,153*	,366**
	Sig.	0,019	0,002	0,001	0,088	0,000	0,583	0,000	0,000	0,000	0,001	0,023	0,000
B15	Coef.	-0,053	,221**	,164*	,244**	,226**	,414**	,230**	,175**	,284**	,181**	,199**	0,100
	Sig.	0,439	0,001	0,015	0,000	0,001	0,000	0,001	0,010	0,000	0,007	0,003	0,139
B16	Coef.	,143*	0,042	0,004	-0,022	-0,047	-0,044	,192**	-,138*	-0,007	-0,045	0,014	,169*
	Sig.	0,035	0,535	0,954	0,745	0,487	0,516	0,004	0,042	0,914	0,513	0,839	0,012
B17	Coef.	-0,113	,293**	0,128	,165*	,160*	0,064	,234**	0,056	,156*	,165*	0,044	,291**
	Sig.	0,097	0,000	0,059	0,015	0,018	0,344	0,000	0,411	0,021	0,015	0,521	0,000
B18	Coef.	-,171*	,264**	,185**	,334**	,256**	,318**	,283**	,212**	,195**	,206**	,307**	,230**
	Sig.	0,011	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,004	0,002	0,000	0,001

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

* . A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

		B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	B38	B39	B40	B41	B42
B19	Coef.	-,250**	,209**	,199**	,290**	,181**	,339**	,266**	,176**	,246**	,209**	,332**	,168*
	Sig.	0,000	0,002	0,003	0,000	0,007	0,000	0,000	0,009	0,000	0,002	0,000	0,013
B20	Coef.	-,201**	,233**	,196**	0,130	,290**	,217**	,184**	,344**	,365**	,310**	,186**	,231**
	Sig.	0,003	0,001	0,004	0,056	0,000	0,001	0,007	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001
B21	Coef.	-,337**	,449**	,324**	,189**	,313**	,318**	,347**	,435**	,416**	,397**	,292**	,311**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B22	Coef.	-,217**	,276**	,308**	0,112	,304**	,190**	,255**	,321**	,317**	,313**	,251**	,347**
	Sig.	0,001	0,000	0,000	0,099	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B23	Coef.	-,301**	,278**	,271**	0,111	,348**	,266**	,276**	,431**	,434**	,413**	,186**	,372**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
B24	Coef.	-0,108	,209**	,176**	0,077	,353**	,181**	,176**	,356**	,321**	,243**	,205**	,241**
	Sig.	0,113	0,002	0,009	0,256	0,000	0,007	0,009	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
B25	Coef.	-,194**	,262**	,286**	0,099	,258**	,139*	,244**	,271**	,284**	,257**	,223**	,458**
	Sig.	0,004	0,000	0,000	0,145	0,000	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
B26	Coef.	-,240**	,338**	,236**	,180**	,384**	,291**	,304**	,336**	,416**	,350**	,356**	,437**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B27	Coef.	-,246**	,355**	,298**	,210**	,292**	,197**	,317**	,302**	,429**	,308**	,206**	,359**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000
B28	Coef.	-,237**	,300**	,274**	,172*	,359**	,258**	,283**	,264**	,408**	,311**	,290**	,394**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B29	Coef.	-,282**	,303**	,367**	,214**	,425**	,302**	,283**	,283**	,385**	,365**	,244**	,405**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B30	Coef.	-,298**	,288**	,361**	,265**	,270**	,219**	,282**	,365**	,425**	,397**	,265**	,378**
	Sig.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B31	Coef.	1,000	-,265**	-,361**	-0,060	-,260**	-0,105	-,181**	-,368**	-,310**	-,383**	-,194**	-,228**
	Sig.		0,000	0,000	0,379	0,000	0,122	0,007	0,000	0,000	0,000	0,004	0,001
B32	Coef.		1,000	,263**	0,085	,275**	,179**	,400**	,343**	,385**	,311**	,201**	,291**
	Sig.			0,000	0,212	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
B33	Coef.			1,000	,266**	,322**	,224**	,157*	,250**	,331**	,270**	,182**	,225**
	Sig.				0,000	0,000	0,001	0,020	0,000	0,000	0,000	0,007	0,001
B34	Coef.				1,000	,199**	,340**	0,060	,163*	,147*	,156*	,271**	,154*
	Sig.					0,003	0,000	0,378	0,016	0,030	0,021	0,000	0,023
B35	Coef.					1,000	,375**	,170*	,441**	,376**	,420**	,242**	,366**
	Sig.						0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B36	Coef.						1,000	,233**	,333**	,321**	,249**	,253**	,149*
	Sig.							0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028

** . A correlaç o   significativa no n vel 0,01 (2 extremidades).

* . A correlaç o   significativa no n vel 0,05 (2 extremidades).

	B31	B32	B33	B34	B35	B36	B37	B38	B39	B40	B41	B42
B37 Coef.							1,000	,275**	,339**	,236**	,292**	,343**
Sig.								0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
B38 Coef.								1,000	,534**	,485**	,194**	,312**
Sig.									0,000	0,000	0,004	0,000
B39 Coef.									1,000	,609**	,273**	,391**
Sig.										0,000	0,000	0,000
B40 Coef.										1,000	,321**	,413**
Sig.											0,000	0,000
B41 Coef.											1,000	,243**
Sig.												0,000
B42 Coef.												1,000
Sig.												0,000

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (2 extremidades).

Fonte: Autora, 2020.

As variáveis que apresentaram menores intervalos de correlações foram: B2, B3, B10 com apenas uma correlação cada, B4 e B34 com duas, B17 três e B41 com quatro correlações. Diante da verificação de que a variável B16 (rede de ciclismo) não se correlacionou com nenhuma outra, inicialmente a opção é a eliminação desta variável para o seguimento da análise de componentes principais.

O teste de Bartlett é significativo ($p < 0,001$), o que indica que existem relacionamentos entre as variáveis. O teste de KMO está no nível ótimo, com um valor de 0,87. O exame dos valores de adequação da amostra para cada variável (Tabela 36) identifica 14,6% com valores entre $\geq 0,70$ e $< 0,80$, mediano e 80,4% com valores $\geq 0,80$, admirável, porém duas variáveis (B2 e B10) têm valores próximos a 0,50, interpretados como ruim.

Tabela 36: Medida de adequação da amostra para cada variável

Variável	MSA	Variável	MSA	Variável	MSA	Variável	MSA
B1	0,829	B12	0,930	B24	0,854	B35	0,879
B2	0,501	B13	0,844	B25	0,897	B36	0,779
B3	0,735	B14	0,889	B26	0,947	B37	0,811
B4	0,720	B15	0,849	B27	0,946	B38	0,893
B5	0,876	B17	0,827	B28	0,882	B39	0,879
B6	0,853	B18	0,906	B29	0,911	B40	0,868
B7	0,778	B19	0,896	B30	0,892	B41	0,790
B8	0,885	B20	0,863	B31	0,832	B42	0,893
B9	0,864	B21	0,933	B32	0,865		
B10	0,503	B22	0,931	B33	0,806		
B11	0,815	B23	0,941	B34	0,759		

Fonte: Autora, 2020.

13 APÊNDICE G: Análise de componentes principais

O método de extração por componentes principais apresenta na Tabela 37 os autovalores iniciais para cada componente, os quais auxiliam na seleção do número de componentes extraídos e indicam o percentual de variância que cada componente possui. Considerando o critério da raiz latente para manter componentes com autovalores maiores que 1,0 (critério de Kaiser), doze componentes seriam mantidos.

Tabela 37: Resultados para a extração de componentes

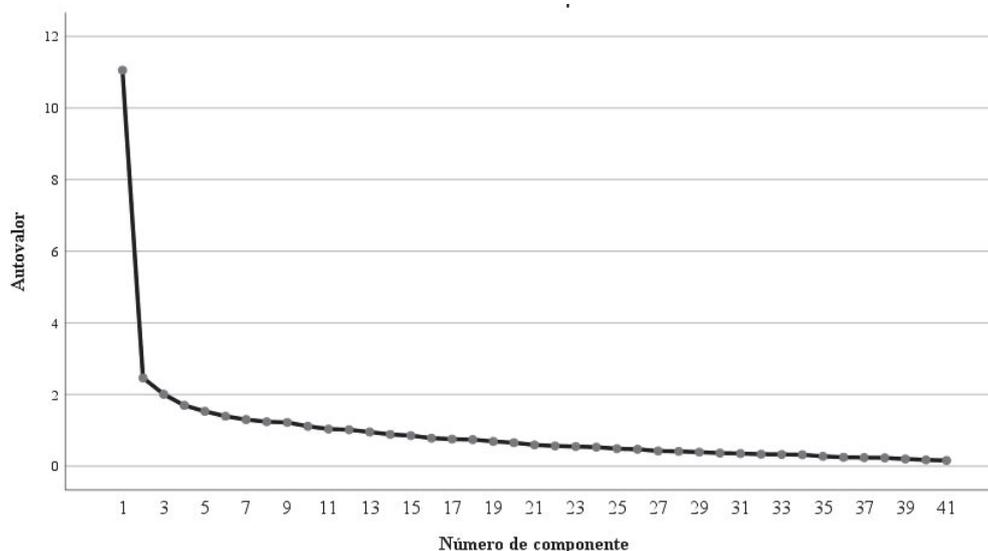
Componente	Autovalores iniciais			Componente	Autovalores iniciais		
	Total	% de variância	% cumulativa		Total	% de variância	% cumulativa
1	11,055	26,963	26,963	22	0,563	1,374	84,220
2	2,462	6,006	32,968	23	0,547	1,334	85,554
3	2,007	4,894	37,863	24	0,530	1,291	86,845
4	1,698	4,141	42,003	25	0,487	1,187	88,032
5	1,530	3,732	45,735	26	0,471	1,149	89,181
6	1,394	3,399	49,134	27	0,423	1,031	90,212
7	1,300	3,170	52,304	28	0,413	1,006	91,218
8	1,240	3,024	55,328	29	0,391	0,952	92,171
9	1,219	2,973	58,301	30	0,364	0,888	93,059
10	1,113	2,714	61,015	31	0,351	0,857	93,916
11	1,035	2,525	63,539	32	0,331	0,808	94,724
12	1,016	2,478	66,017	33	0,326	0,794	95,518
13	0,953	2,325	68,342	34	0,318	0,775	96,293
14	0,884	2,157	70,499	35	0,273	0,665	96,959
15	0,851	2,075	72,574	36	0,247	0,604	97,562
16	0,781	1,905	74,479	37	0,239	0,582	98,144
17	0,754	1,839	76,318	38	0,230	0,561	98,705
18	0,740	1,806	78,124	39	0,199	0,486	99,191
19	0,690	1,684	79,808	40	0,174	0,423	99,614
20	0,653	1,593	81,401	41	0,158	0,386	100,000
21	0,592	1,445	82,846				

Fonte: Autora, 2020.

O teste *scree* (Figura 55), indica que cinco componentes podem ser apropriados. Os cinco componentes retidos, conforme se observa na Tabela 37, representam 45,73% da

variância das 41 variáveis. Dessa forma, a análise segue o indicado pelo teste *scree* e extrai cinco componentes.

Figura 55: Teste *scree* para análise de componentes



Fonte: Autora, 2020.

O primeiro componente do conjunto extraído possui no seu conjunto de variáveis a maior importância relativa da variância, 11,055. Esse valor é a soma dos quadrados, expressos na Tabela 38, com a diminuição da importância ao longo dos cinco componentes. Para esta solução fatorial, 18,751 representa a quantia total de variância extraída para os cinco autovalores.

Os percentuais (26,963%, 6,006%, 4,894%, 4,416%, 3,732%) explicam a variância total de cada componente. O índice para a solução geral mostra que 45,735% da variância total são representados pela informação contida na matriz fatorial da solução em termos de cinco componentes.

A matriz fatorial de componentes não-rotacionada (Tabela 38) contém as cargas fatoriais de cada variável em cada componente e o valor da variância explicada pela solução fatorial para cada variável, a comunalidade. O primeiro componente concentra a maior parte de cargas elevadas (valores acima de 0,40). Com base nesse padrão de cargas fatoriais com um número elevado no primeiro componente a interpretação teórica se torna difícil e menos significativa. Nesse caso, a rotação redistribui a variância do primeiro componente para os seguintes. Na análise da comunalidade percebe-se que 63% das variáveis possuem valor inferior a 0,50, indicando que compartilham menos variância.

Tabela 38: Matriz de análise fatorial de componentes não-rotacionada

Tabela 39: Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada Varimax

Variáveis*	Componente					Comunalidades	Variáveis*	Componente					Comunalidades
	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	
B1	0,409	0,275	0,049	0,216	0,015	0,292	B12	0,662					0,565
B2	0,113	0,242	0,482	-0,178	0,485	0,570	B8	0,646					0,554
B3	0,320	0,115	0,203	0,382	-0,397	0,460	B6	0,591					0,393
B4	0,390	-0,083	0,342	0,385	-0,188	0,459	B9	0,543					0,384
B5	0,512	0,193	-0,032	0,366	-0,017	0,435	B5	0,528					0,435
B6	0,428	0,374	-0,061	0,247	-0,070	0,393	B11	0,523					0,492
B7	0,379	0,162	-0,224	0,317	0,406	0,485	B28	0,515					0,418
B8	0,595	0,369	-0,182	-0,031	-0,172	0,554	B3	0,513					0,460
B9	0,518	0,260	-0,151	0,124	-0,101	0,384	B29	0,474		0,438			0,572
B10	0,065	0,421	0,472	-0,407	0,221	0,618	B1	0,470					0,292
B11	0,446	0,353	0,156	-0,258	-0,278	0,492	B13	0,439					0,360
B12	0,656	0,317	-0,092	0,085	-0,137	0,565	B27	0,423					0,449
B13	0,528	0,238	-0,023	0,096	0,122	0,360	B17						0,359
B14	0,478	0,278	0,021	-0,118	0,238	0,377	B40		0,725				0,593
B15	0,451	-0,389	0,340	0,259	0,003	0,538	B39		0,713				0,610
B17	0,443	0,158	0,294	-0,103	-0,201	0,359	B38		0,661	0,453			0,686
B18	0,587	-0,227	0,258	0,107	0,104	0,485	B23		0,606				0,549
B19	0,585	-0,314	0,261	0,022	-0,147	0,531	B31		-0,481				0,401
B20	0,378	-0,059	-0,077	-0,045	0,249	0,216	B42	0,422	0,478				0,493
B21	0,609	-0,281	0,068	-0,102	-0,094	0,474	B24		0,405				0,215
B22	0,699	-0,078	0,129	-0,153	-0,102	0,544	B20						0,216
B23	0,597	0,034	-0,410	-0,108	-0,111	0,549	B15			0,696			0,538
B24	0,391	-0,113	-0,122	-0,139	0,123	0,215	B19			0,676			0,531
B25	0,573	0,148	0,143	-0,095	0,297	0,468	B36			0,640			0,648
B26	0,706	-0,150	0,152	-0,114	0,007	0,557	B18			0,587			0,485
B27	0,645	0,033	0,041	-0,076	-0,155	0,449	B21		0,401	0,536			0,474
B28	0,609	0,187	0,055	0,067	-0,074	0,418	B26		0,407	0,535			0,557
B29	0,749	0,013	0,040	0,038	-0,086	0,572	B4			0,535			0,459
B30	0,682	-0,049	0,085	0,055	0,193	0,515	B22		0,409	0,490			0,544
B31	-0,376	0,071	0,493	-0,006	0,110	0,401	B41			0,429			0,293
B32	0,492	-0,124	0,063	-0,201	-0,151	0,324	B30			0,413			0,515
B33	0,402	0,093	-0,226	0,315	0,274	0,395	B37						0,278
B34	0,295	-0,187	0,200	0,316	0,323	0,366	B32						0,324
B35	0,475	-0,084	-0,168	0,204	0,155	0,327	B7				0,615		0,485
B36	0,432	-0,671	0,034	0,040	0,092	0,648	B33				0,526		0,395
B37	0,391	-0,123	0,169	-0,214	-0,187	0,278	B34				0,471		0,366
B38	0,645	-0,436	-0,198	-0,163	0,120	0,686	B35						0,327
B39	0,663	-0,109	-0,305	-0,245	0,070	0,610	B10					0,754	0,618
B40	0,620	-0,082	-0,333	-0,284	0,103	0,593	B2					0,728	0,570
B41	0,454	-0,247	0,037	-0,073	-0,138	0,293	B25					0,413	0,468
B42	0,623	0,214	-0,046	-0,238	0,021	0,493	B14						0,377
						Total							Total
Autovalor*	11,055	2,462	2,007	1,698	1,530	18,751	Autovalor*	4,996	4,816	4,755	2,152	2,032	18,751
Traço (%)	26,963	6,006	4,894	4,141	3,732	45,735	Traço (%)	12,186	11,746	11,598	5,249	4,956	45,735

*Soma dos quadrados *Conjunto de variáveis (B16 eliminada).

*Soma dos quadrados *Conjunto de variáveis (B16 eliminada).

Fonte: Autora, 2020.

*Cargas fatoriais menores que 0,40 foram suprimidas e as variáveis foram agrupadas por carga em cada componente.

Fonte: Autora, 2020.

Com nenhuma eliminação, o procedimento da rotação Varimax foi realizado, os resultados estão na Tabela 39. A matriz rotacionada apresenta uma distribuição mais equilibrada dos índices (12,186%, 11,746%, 11,598%, 5,249%, 4,956%). Para esse conjunto, o teste de Bartlett mostra que as correlações são significantes ($p < 0,001$). O teste de KMO se manteve no nível excelente com 0,869. As comunalidades não sofreram alterações, 63% das variáveis apresentaram valores abaixo do recomendado de 0,50, porém as variáveis B14, B17, B20, B32, B35 e B37 não obtiveram cargas fatoriais em nenhum componente, sendo eliminadas para a próxima solução fatorial de rotação.

A Tabela 40 mostra as cargas fatoriais para a extração dos cinco componentes, percebe-se que com a eliminação das variáveis B14 (Ruas seguras), B17 (Desenvolvimento compacto), B20 (Redução das emissões de carbono de transporte), B32 (Reuso do edifício), B35 (Prevenção do crime) e B37 (Poluição sonora), o índice para a solução geral passou para 49,476% da variância total. Da mesma forma, o primeiro componente segue detendo a maior parte da variância, com 15,318. Analisando as comunalidades, 17 variáveis das 35 analisadas obtiveram valores inferiores a 0,50. O conjunto se mantém com correlações significantes ($p < 0,001$) para o teste de Bartlett, e o teste de KMO se manteve no nível excelente com 0,873.

A Tabela 41 apresenta os resultados com a eliminação das variáveis B25 (Materiais de baixo impacto) e B31 (Oportunidade de emprego), que na rotação anterior não obtiveram nenhuma carga em nenhum componente. Nessa solução o percentual de variância explicada para o conjunto de 33 variáveis, distribuídas em cinco componentes está 50,349%, concentrando os maiores percentuais no primeiro e segundo componente, onde a maioria das variáveis estão concentradas e apresentando cargas cruzadas.

Na solução fatorial rotacionada (Tabela 42) cada uma das variáveis tem cargas significantes (definidas anteriormente valor acima de 0,40) sobre apenas um componente, exceto para as seguintes variáveis que cruzam sobre dois componentes: B3 (2 e 3); B19 (1 e 3); B23 (1 e 2); B27 (1 e 2); B29 (1 e 2); B42 (1 e 2). Até esta etapa as variáveis excluídas não haviam apresentado carga em nenhum componente. A partir desta etapa será apresentada uma tabela em formato reduzido (Tabela 43), onde cada linha representa uma rodada da análise de componente principal. Para todas as soluções o teste de Bartlett foi significativo ($p < 0,0001$).

Tabela 40: Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada
(B14, B17, B20, B32, B35 e B37 eliminadas)

Variáveis*	Componente					Comunalidades
	1	2	3	4	5	
B38	0,776					0,691
B40	0,716					0,599
B39	0,693					0,589
B26	0,562					0,564
B36	0,555		0,494			0,639
B22	0,550					0,579
B23	0,530	0,471				0,548
B21	0,516					0,443
B42	0,482	0,460				0,508
B24	0,463					0,234
B30	0,432					0,543
B41	0,422					0,290
B31						0,425
B8		0,688				0,569
B12		0,676				0,560
B9		0,582				0,399
B6		0,582				0,391
B28		0,528				0,417
B11		0,523				0,554
B5		0,500				0,403
B13		0,495				0,348
B29	0,464	0,473				0,575
B1		0,434				0,302
B27	0,422	0,427				0,436
B15			0,737			0,583
B4			0,614			0,458
B19	0,444		0,536			0,512
B3		0,493	0,527			0,624
B18			0,498			0,486
B7				0,596		0,472
B33				0,536		0,423
B34				0,521		0,410
B25						0,495
B10					0,783	0,663
B2					0,743	0,586
						Total
Autovalor*	5,361	4,980	3,198	1,919	1,858	17,316
Traço (%)	15,318	14,230	9,137	5,483	5,308	49,476

*Soma dos quadrados

*Cargas fatoriais menores que 0,40 foram suprimidas e as variáveis foram agrupadas por carga em cada componente.

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 41: Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada
(B25 e B31 eliminadas)

Variáveis*	Componente					Comunalidades
	1	2	3	4	5	
B38	0,793					0,694
B40	0,697					0,599
B39	0,688					0,605
B36	0,622		0,402			0,646
B26	0,567					0,560
B22	0,545					0,586
B21	0,523					0,442
B23	0,516	0,507				0,571
B24	0,467					0,237
B41	0,434					0,288
B30	0,428					0,513
B8		0,708				0,573
B12		0,672				0,558
B9		0,589				0,407
B6		0,564				0,406
B11		0,533				0,540
B28		0,531				0,419
B13		0,498				0,342
B42	0,455	0,480				0,500
B29	0,463	0,478				0,577
B5		0,468				0,421
B27	0,412	0,439				0,440
B1						0,323
B15			0,708			0,567
B4			0,646			0,482
B3		0,469	0,557			0,611
B19	0,457		0,540			0,527
B18			0,488			0,480
B7				0,613		0,481
B34				0,584		0,477
B33				0,566		0,431
B10					0,804	0,682
B2					0,769	0,629
						Total
Autovalor*	5,114	4,816	3,044	1,933	1,708	16,615
Traço (%)	15,498	14,593	9,224	5,858	5,176	50,349

*Soma dos quadrados

*Cargas fatoriais menores que 0,40 foram suprimidas e as variáveis foram agrupadas por carga em cada componente.

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 42: Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada (B1 eliminada)

Variáveis*	Componente					Comunalidades
	1	2	3	4	5	
B38	0,801					0,699
B40	0,683					0,600
B39	0,673					0,605
B36	0,642					0,646
B26	0,580					0,561
B22	0,557					0,582
B21	0,547					0,446
B24	0,474					0,246
B41	0,459					0,299
B30	0,417					0,530
B8		0,715				0,575
B12		0,673				0,550
B6		0,599				0,402
B9		0,593				0,400
B28		0,539				0,424
B23	0,492	0,531				0,567
B13		0,521				0,369
B42	0,434	0,502				0,502
B5		0,497				0,385
B11		0,489				0,546
B29	0,464	0,488				0,578
B27	0,415	0,439				0,438
B15			0,685			0,561
B4			0,659			0,478
B3		0,429	0,591			0,607
B19	0,496		0,513			0,531
B18			0,458			0,499
B34				0,604		0,475
B7				0,600		0,511
B33				0,548		0,441
B10					0,817	0,699
B2					0,768	0,626
						Total
Autovalor*	5,159	4,891	2,849	1,775	1,705	16,378
Traço (%)	16,121	15,284	8,903	5,547	5,327	51,182

*Soma dos quadrados

*Cargas fatoriais menores que 0,40 foram suprimidas e as variáveis foram agrupadas por carga em cada componente.

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 43: Síntese da análise de componentes principais

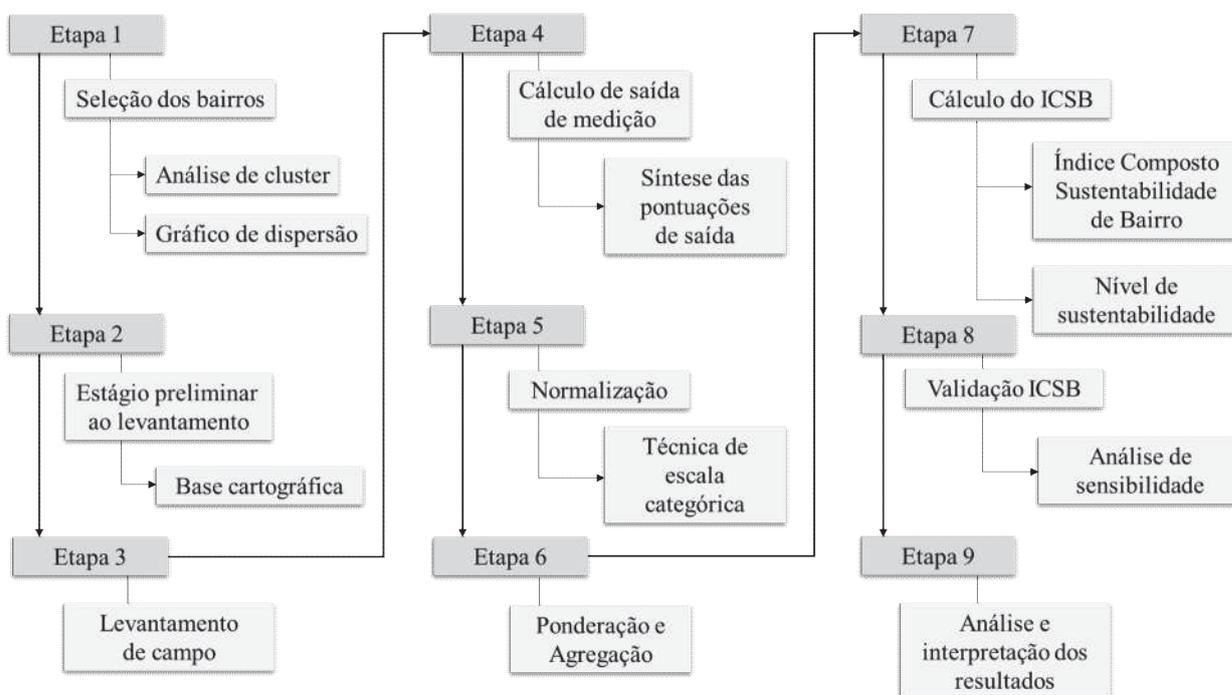
Quant. de variáveis	KMO	Comp. extraídos	Traço (%)	Comunalidades		Cargas cruzadas	Variáveis eliminadas
				Abaixo de 0,50	Todas atendem		
32	0,876	5	51,182	B4 (0,478); B5 (0,385); B6 (0,402); B9 (0,400); B13 (0,369); B18 (0,499); B21(0,424); B33 (0,441); B34 (0,475); B41 (0,299)		B3 (2 e 3); B19 (1 e 3); B23 (1 e 2); B27 (1 e 2); B29 (1 e 2); B42 (1 e 2)	B24 (0,246)
31	0,877	5	52,226	B5 (0,387); B6 (0,407); B9 (0,398); B13 (0,370); B18 (0,495); B21(0,448); B27 (0,436); B28 (0,421); B33 (0,443); B34 (0,470); B41 (0,304)		B15 (1 e 3); B22 (1 e 2); B27 (1 e 2); B29 (1 e 2); B39 (1 e 2); B40 (1 e 2)	B41 (0,304)
30	0,878	5	53,146	B4 (0,499); B5 (0,396); B6 (0,421); B7 (0,495); B9 (0,398); B13 (0,367); B18 (0,495); B21(0,452); B27 (0,446); B28 (0,420); B33 (0,428); B34 (0,499)		B15 (2 e 4); B22 (1 e 2); B27 (1 e 2); B29 (1 e 2); B39 (1 e 2); B40 (1 e 2)	B13 (0,367)
29	0,880	5	53,928	B5 (0,452); B6 (0,474); B7 (0,477); B9 (0,399); B21(0,457); B27 (0,450); B28 (0,432); B33 (0,374); B34 (0,488)		B6 (1 e 3); B15 (2 e 4); B22 (1 e 2); B27 (1 e 2); B29 (1 e 2); B39 (1 e 2); B40 (1 e 2)	B33 (0,374)
28	0,884	5	55,086	B7 (0,443); B9 (0,394); B21(0,475); B27 (0,467); B28 (0,438); B34 (0,392)		B15 (2 e 4); B22 (1 e 2); B26 (1 e 2); B29 (1 e 2); B38 (1 e 2)	B34 (0,392)
27	0,885	5	56,332	B5 (0,491); B6 (0,487); B7 (0,455); B9 (0,385); B21(0,495); B27 (0,483); B28 (0,461); B30 (0,475)		B8 (1 e 3); B12 (1 e 3); B21 (1 e 2); B22 (1 e 2); B29 (1 e 2); B38 (1 e 2); B42 (1 e 3)	B9 (0,385)
26	0,883	5	57,295	B7 (0,449); B21(0,487); B27 (0,484); B28 (0,436); B30 (0,476)		B8 (1 e 3); B21 (1 e 2); B22 (1 e 2); B29 (1 e 2); B38 (1 e 2); B42 (1 e 3)	B28 (0,436)
25	0,879	5	58,077	B21(0,476); B27 (0,485); B30 (0,480)		B21 (1 e 2); B22 (1 e 2); B26 (1 e 2); B29 (1 e 2); B38 (1 e 2)	B21(0,476)
24	0,870	5	58,764	B27 (0,489); B30 (0,473)		B22 (1 e 2); B26 (1 e 2); B29 (1 e 2); B38 (1 e 2)	B30 (0,473)
23	0,863	5	59,438	B27 (0,488)		B22 (1 e 2); B26 (1 e 2); B29 (1 e 2); B38 (1 e 2)	B27 (0,488)
22	0,856	5	60,243		Sim	B11 (1 e 4); B22 (1 e 2); B26 (1 e 2); B29 (1 e 2); B38 (1 e 2)	B26 (0,567)
21	0,844	5	60,666		Sim	B11(1 e 4); B22 (1 e 2); B29 (1 e 2); B38 (1 e 2)	B29 (0,576)
20	0,833	5	61,053		Sim	B8 (1 e 3); B11(1 e 4); B15 (2 e 4); B22 (1 e 2); B38 (1 e 2)	B8 (0,558)
19	0,826	5	61,787		Sim	B11(1 e 4); B15 (2 e 4); B22 (1 e 2); B38 (1 e 2)	B22 (0,586)
18	0,808	5	62,351		Sim	B11(1 e 4); B12 (1 e 3); B15 (2 e 4); B38 (1 e 2)	B12 (0,507)
17	0,797	5	63,543		Sim	B11(1 e 4); B15 (2 e 4); B38 (1 e 2)	B11 (0,613)
16	0,790	5	64,997		Sim	B15 (2 e 4); B38 (1 e 2)	B15 (0,677)
15	0,780	5	65,868		Sim	B5 (3 e 4); B6 (3 e 4); B38 (1 e 2)	B5 (0,561)
14	0,759	5	67,525		Sim	B6 (3 e 5); B38 (1 e 2)	B6 (0,600)
13	0,763	5	69,832		Sim	B38 (1 e 2)	B38 (0,697)
12	0,727	5	70,575		Sim		

Fonte: Autora, 2020.

14 APÊNDICE H: Manual de aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro existente

O manual de aplicação visa prestar suporte para calcular o ICSB e os respectivos índices por categoria IASB, IESB, ISSB, IISB e, verificar o nível de sustentabilidade de bairro, a partir de um conjunto relevante de indicadores, identificado por análise de componentes principais que contemplam os quatro domínios de sustentabilidade (ambiental, econômico, social e institucional). A Figura 56 apresenta a divisão por etapas dos procedimentos para aplicação.

Figura 56: Procedimento para aplicação da estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro existente



Fonte: Autora, 2020.

Etapa 1: Seleção dos bairros

A primeira etapa consiste na seleção dos bairros a serem avaliados. Nesta etapa, se os bairros a serem avaliados não estiverem elencados, sugere-se aplicar uma análise de cluster. Os passos detalhados estão descritos no item 3.2.3.1.1 Análise de Cluster do documento principal. Um formato simplificado para visualizar a formação natural dos

agrupamentos é plotar um gráfico de dispersão com as variáveis selecionadas, por exemplo, renda e população.

Etapa 2: Estágio preliminar ao levantamento

Na segunda etapa se identificam as bases cartográficas e os dados gerais dos bairros selecionados. A base cartográfica e imagem de satélite com alta resolução para inserir no software QGis 3.12. A partir da interpretação visual da imagem de satélite são traçados polígonos em torno de todos os objetos reconhecidos para posterior levantamento de campo.

Os dados gerais do bairro se referem à área total, população, densidade populacional, número total de imóveis.

Etapa 3: Levantamento de campo

Na terceira etapa compreendida pelo levantamento de campo, o avaliador realizará a coleta das informações in-loco, realizando os registros necessários para possibilitar alimentar as informações no QGis 3.12.

Na visita in-loco as seguintes informações são necessárias: a) ambiente construído: uso do solo, número de pavimentos das construções, tipologia habitacional;

b) infraestrutura verde: localização das árvores no passeio público com a identificação de porte (pequeno, médio ou grande);

c) demarcação das paradas de ônibus;

d) identificação dos equipamentos públicos, tais como: escolas (nível de ensino), unidades de saúde e identificação dos espaços verdes (praça, pracinha, parque).

Após o levantamento de campo com as informações inseridas no QGis 3.12 para cada edificação, as seguintes informações devem ser compiladas: área total das quadras (m^2), superfícies edificadas totais (m^2), superfícies de projeção total (m^2), superfícies não residenciais (m^2), área dos edifícios públicos (m^2), extensão das vias que possuem arborização (m).

Serão necessárias informações referentes ao total anual de kWh dos edifícios públicos identificados no bairro analisado, sistema de esgotamento realizado no bairro, quantidade de domicílios ligados a rede pública de esgoto, quantidade de domicílios com acesso à internet. Essas informações podem ser obtidas nas concessionárias fornecedoras de energia, água e internet.

Etapa 4: Cálculo da saída de medição

Na quarta etapa é realizado o cálculo de saída de medição para cada indicador relevante da estrutura de avaliação. Sugere-se a utilização do Excel com a inserção das respectivas fórmulas de cálculo, conforme ilustra o Quadro 32. Para informações detalhadas do procedimento metodológico de cada indicador consulte o Apêndice B do documento principal.

Quadro 32: Descrição, equação de medida e unidades do conjunto de indicadores relevantes

Indicador	Equação	Unidade
Diversidade de tipologias habitacionais	$1 - \sum (n/N)^2$ <p>Onde: n = número total de residências em uma tipologia específica N = número total de residências (AURBACH, 2005)</p>	Valor do índice
Proximidade a espaço verde	$\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ <p>(AEUB, 2012; ANBT, 2017; CRITERION PLANNERS, 2007)</p>	Percentual
Infraestrutura verde	$\frac{(\text{N}^\circ \text{árvores porte grande} \times 12) + (\text{N}^\circ \text{árvores porte médio} \times 8) + (\text{N}^\circ \text{árvores porte pequeno} \times 6)}{\text{Extensão da via}} \times 100^*$ <p>(AEUB, 2012) *Por seção de via.</p>	Percentual
Drenagem urbana	$\frac{\text{Superfícies permeáveis (m}^2\text{)}}{\text{Área total do bairro (m}^2\text{)}} \times 100$ <p>(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010)</p>	Percentual
Uso misto	$\frac{\text{Superfícies não residenciais (m}^2\text{)}}{\text{Superfície edificada total (m}^2\text{)}} \times 100$ <p>(AEUB, 2012)</p>	Percentual
Redução do uso de energia / consumo de energia	$\frac{\text{Consumo total de energia elétrica edifícios públicos}}{\text{Área total edifícios públicos}}$ <p>(ABNT, 2017)</p>	Kwh/m ²
Acesso à educação	$\frac{\text{Número de pessoas com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ <p>(CRITERION PLANNERS, 2007)</p>	Percentual
B23: Preservação do patrimônio existente	$\frac{\text{Número de imóveis degradados}}{\text{Total de imóveis}}$ <p>(BRASIL, 2008)</p>	Unidade

Indicador	Equação	Unidade
Saneamento básico	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de pessoas no bairro atendidas por coleta de esgoto}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ (ABNT, 2017)	Percentual
Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de residências dentro da distância das atividades}}{\text{Total de residências}} \times 100$ (CRITERION PLANNERS, 2007)	Percentual
Proximidade ao transporte público	$\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ (CRITERION PLANNERS, 2007)	Percentual
Cidadania digital	$\frac{\text{População com acesso}}{\text{População total do bairro}} \times 100$ (ABNT, 2017)	Percentual

Fonte: Autora, 2020.

1. **Indicador Diversidade na oferta de tipologias habitacionais:** se refere às diferentes tipologias habitacionais presente no bairro analisado. A Tabela 44 apresenta a listagem das tipologias que poderão ser encontradas. A nomenclatura poderá ser adaptada para o contexto a ser analisado, bem como a variedade de tipos.

Tabela 44: Cálculo do indicador Diversidade de tipologias habitacionais

Item	Bairro analisado
Residência isolada tipo 1 (1 pavimento)	
Residência isolada tipo 2 (2 pavimentos)	
Residência geminada	
Condomínio residencial	
Apartamento	
Aglomerado subnormal	
Total de residências	
Soma dos quadrados	
Índice de diversidade (1-soma dos quadrados)	

2. **Indicador Proximidade a espaço verde:** acesso da população residente a espaços verdes públicos, tais como: parques, praças e pracinhas. O raio de abrangência dos espaços segue o indicado por Castello (2008): praças e playground (400m), parques (800m). A Tabela 45 mostra as informações para realização do cálculo deste indicador.

Tabela 45: Cálculo do indicador Proximidade a espaço verde

Item	Bairro analisado
Tipo de espaço verde	
Nº de pessoas com acesso à praças e pracinhas	
Nº de pessoas com acesso à parques	
População total do bairro	
% acesso à espaços verdes públicos	

3. **Indicador Infraestrutura verde:** se relaciona com a densidade de arborização urbana presente nas vias. Para indicar porte das árvores utiliza-se a referência de Mascaró e Mascaró (2015), detalhada no Apêndice B. A Tabela 46 apresenta o quantitativo das árvores por porte em cada trecho. A Tabela 47 mostra o resultado total da arborização no bairro.

Tabela 46: Porte das árvores por trecho de via

Trecho	Porte pequeno		Porte médio		Porte grande		Extensão via (m)	Equação
	Qtidade	6	Qtidade	8	Qtidade	12		
1	a	6	b	8	c	12	X	$(a*6)+(b*8)+(c*12)=Y$
2								Y / X
Total								

Tabela 47: Cálculo do indicador Infraestrutura verde

Item	Bairro analisado
Árvores grande porte	
Árvores médio porte	
Árvores pequeno porte	
Extensão da via (m)	
% arborização urbana	

4. **Indicador Drenagem urbana:** referente à proporção de superfícies permeáveis relacionadas à área total do bairro. Considere: a) áreas permeáveis: áreas de vegetação, tais como jardins, gramado, árvores e solo exposto, b) áreas impermeáveis telhados, pátios pavimentados, pavimentação asfáltica e calçamento (CENTENO *et al.*, 2006). A Tabela 48 resume os dados necessários para o cálculo do indicador.

Tabela 48: Cálculo do indicador Drenagem urbana

Item	Bairro analisado
Superfície de projeção total (m ²)	
Área total das quadras (m ²)	
Total das superfícies permeáveis (m ²)	
Área total do bairro (m ²)	
% permeabilidade do solo	

5. **Indicador Uso misto:** se refere à diversidade de atividades no bairro. Para fins do cálculo do indicador apresentado na Tabela 49 consideram-se uso não residencial os seguintes: educacionais, entretenimento, comercial, escritório, serviços.

Tabela 49: Cálculo do indicador Uso misto

Item	Bairro analisado
Superfícies não residenciais (m ²)	
Superfície edificada total (m ²)	
% diversidade de uso do solo	

6. **Indicador Redução do consumo de energia:** indica o consumo de energia de edifícios públicos por ano (Kwh/m²). Consideram-se edifícios públicos os edifícios de propriedade do governo, como escolas, hospitais, repartições públicas (ABNT, 2017). A Tabela 50 apresenta os dados para a realização do cálculo referente ao indicador. Caso o bairro não possua edifícios públicos o indicador não se aplica (N/A).

Tabela 50: Cálculo do indicador Redução do consumo de energia

Item	Bairro analisado
Consumo total energia elétrica edifícios públicos (Kwh)	
Área total dos edifícios públicos (m ²)	
Consumo total energia elétrica edifícios públicos (Kwh/m²)	

7. **Indicador Acesso à escola:** referente à proporção de população com acesso à educação no bairro. A Tabela 51 resume os dados necessários para o cálculo com a determinação do número de pessoas, a partir do número de unidades residenciais presentes, no raio de abrangência pelo nível de ensino da escola. Escola de educação infantil ou ensino fundamental raio de 500 metros, escola de ensino médio raio de 800 metros (CASTELLO, 2008).

Tabela 51: Cálculo do indicador Acesso à escola

Item	Bairro analisado
Nº de escolas	
Nº de pessoas com acesso à educação	
População total do bairro	
% pessoas com acesso à educação	

8. **Indicador Preservação do patrimônio existente:** indica os imóveis que necessitam de reabilitação no bairro. Para fins de cálculo do indicador o número de imóveis degradados no bairro é verificado no levantamento de campo, as informações necessárias constam na Tabela 52.

Tabela 52: Cálculo do indicador Preservação do patrimônio existente

Item	Bairro analisado
Nº de imóveis degradados	
Total de imóveis	
Taxa de imóveis degradados	

9. **Indicador Saneamento básico:** se refere à proporção de pessoas atendidas por rede de coleta pública de esgoto. Para tanto, se faz necessário verificar qual o tipo de coleta de esgoto é realizada no bairro, juntamente com a quantidade de domicílios conectados a rede pública de esgoto, realizando a estimativa de população atendida por unidade, passando as informações para a Tabela 53 para efetivar o cálculo do indicador.

Tabela 53: Cálculo do indicador Saneamento básico

Item	Bairro analisado
Nº de pessoas atendidas por rede de coleta de esgoto	
População total do bairro	
% pessoas atendidas por rede de coleta de esgoto	

10. **Indicador Proximidade a atividade de uso cotidiano:** referente à porcentagem de residências localizadas a menos de 400m dos diferentes tipos de atividades comerciais de uso diário. A Tabela 54 indica os dados necessários para a realização do cálculo. Com a identificação de cada atividade comercial de uso cotidiano, tais como: padaria, fruteira, açougue, produtos variados em pequenas lojas, farmácia, revisteira, produtos variados em mercados, um raio de 400 metros é traçado para a contagem (CASTELLO, 2008).

Tabela 54: Cálculo do indicador Proximidade a atividade de uso cotidiano

Item	Bairro analisado
Nº de residências no raio (400)	
Estabelecimentos uso cotidiano no raio (400m)	
Total de residências	
% acesso	

11. **Indicador Proximidade ao transporte público:** indica o percentual de população atendida pelo transporte público no bairro. Com a localização das paradas de ônibus identificadas são traçados três níveis de abrangência: 100m, 200m e 300m, de acordo com Ferraz e Torres (2004). Se procede a contagem das residências atendidas em cada nível de abrangência e a população atendida é estimada, com a inserção dos totais na Tabela 55.

Tabela 55: Cálculo do indicador Proximidade ao transporte público

Item	Bairro analisado
0-100m	
100-200m	
200-300m	
População atendida	
População total do bairro	
% pessoas atendidas pelo transporte público	

12. **Indicador Cidadania digital:** indica a população residente com acesso à internet. A partir do levantamento junto às empresas de telecomunicações, as informações são inseridas na Tabela 56 para a realização do cálculo.

Tabela 56: Cálculo do indicador Cidadania digital

Item	Bairro analisado
População com acesso à internet	
População total do bairro	
% população com acesso à internet	

Após a finalização dos cálculos de cada indicador, uma síntese das pontuações de saída é efetuada com a indicação da respectiva unidade para posterior normalização. A Tabela 57 ilustra o modelo do quadro síntese.

Tabela 57: Síntese das pontuações das saídas dos indicadores

Indicador	Bairro analisado	Unidade
	Pontuação	
Diversidade de tipologias habitacionais		Valor do índice
Proximidade a espaços verdes		Percentual
Infraestrutura verde		Percentual
Drenagem urbana		Percentual
Uso misto		Percentual
Redução do consumo de energia		Kwh/m ²
Acesso à educação		Percentual
Preservação do patrimônio existente		Unidade
Saneamento básico		Percentual
Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano		Percentual
Proximidade ao transporte público		Percentual
Cidadania digital		Percentual

Etapa 5: Normalização

Conforme observado na Tabela 57 cada indicador apresenta uma unidade de pontuação para que seja possível a comparação entre eles, uma normalização se faz necessária. Dessa forma, indica-se a normalização baseada na técnica de escala categórica, com o preenchimento da Tabela 58, com base na Equação 18Equação 1, utilizando os parâmetros da Tabela 59 para a escala de normalização.

Equação 18

Escala normalizada 1, se $k < D_{base} \times 30\% + D_{min}$

Escala normalizada 2, se $D_{base} \times 30\% + D_{min} < k < D_{base} \times 50\% + D_{min}$

Escala normalizada 3, se $D_{base} \times 50\% + D_{min} < k < D_{base} \times 70\% + D_{min}$

Escala normalizada 4, se $D_{base} \times 70\% + D_{min} < k < D_{base} \times 90\% + D_{min}$

Escala normalizada 5, se $k > D_{base} \times 90\% + D_{min}$

Onde: k = pontuação do indicador original, D_{min} = pontuação mínima do indicador original, D_{max} = pontuação máxima do indicador original, D_{base} = diferença entre D_{min} e D_{max} .

Tabela 58: Pontuação normalizada com base na técnica de escala categórica

Indicador	Pontuação do	Unidade	Indicador
	indicador original		normalizado
	Bairro analisado		Bairro analisado
Diversidade de tipologias habitacionais		Valor do índice	
Proximidade a espaços verdes		Percentual	
Infraestrutura verde		Percentual	
Drenagem urbana		Percentual	
Uso misto		Percentual	
Redução do consumo de energia		Kwh/m ²	
Acesso à educação		Percentual	
Preservação do patrimônio existente		Unidade	
Saneamento básico		Percentual	
Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano		Percentual	
Proximidade ao transporte público		Percentual	
Cidadania digital		Percentual	

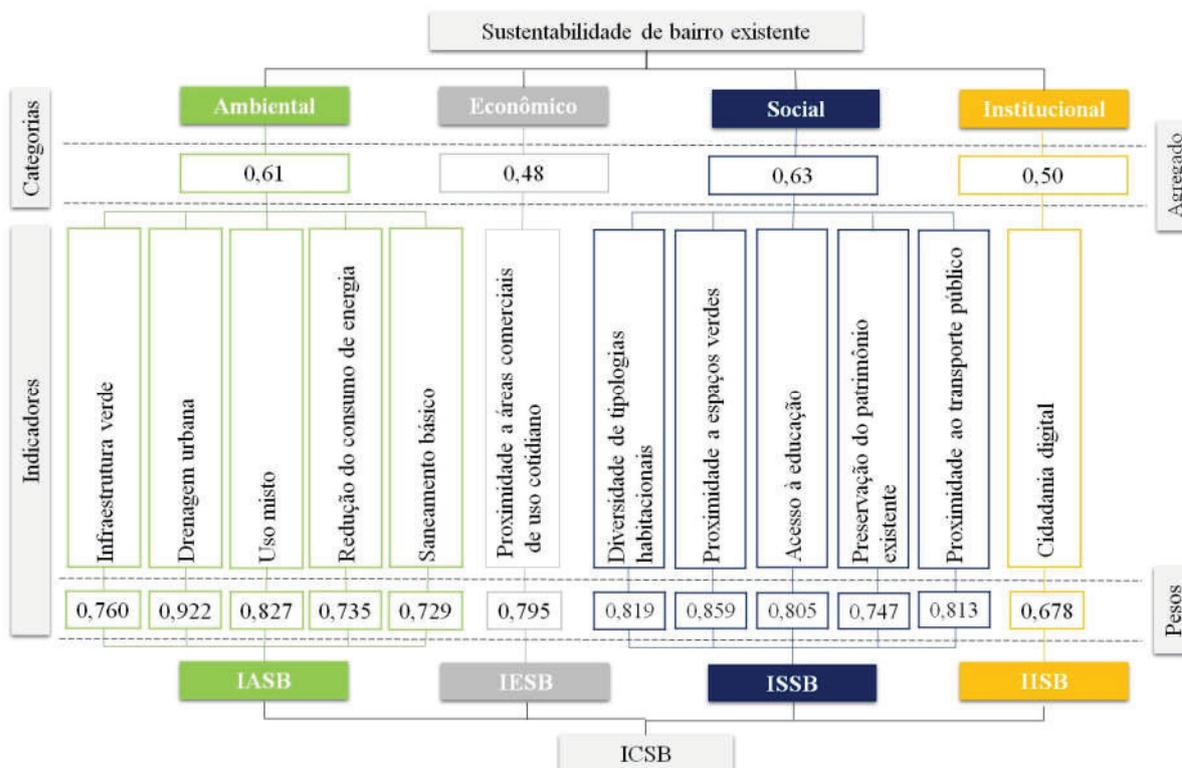
Tabela 59: A pontuação original do indicador e sua respectiva escala normalizada

Pontuação original do indicador	Escala normalizada
< 30%	1
30% - 50%	2
50% - 70%	3
70% - 90%	4
Maior 90%	5

Etapa 6: Ponderação e Agregação

Esta etapa se destina a ponderação e agregação dos indicadores e categorias, passos necessários para o cálculo de índice composto. O objetivo da ponderação é verificar o valor de contribuição de cada indicador na sustentabilidade. A etapa de ponderação foi baseada na análise de componentes principais utilizando as cargas fatoriais quadradas normalizadas para cada indicador. O objetivo do agregado de categoria se refere ao valor de impacto que cada categoria: ambiental, social, econômica e institucional contribui para o nível de sustentabilidade do bairro. Para a ponderação e agregação utilize os pesos apresentados na Figura 57.

Figura 57: Pesos ponderados dos indicadores e índice agregado das categorias



Etapa 7: Cálculo do ICSB

A sétima etapa se destina ao cálculo do ICSB com o apoio da Equação 19, juntamente com os índices compostos por categoria de sustentabilidade Índice Ambiental de Sustentabilidade de Bairro (IASB), Índice Econômico de Sustentabilidade de Bairro (IESB), Índice Social de Sustentabilidade de bairro (ISSB) e Índice Institucional de Sustentabilidade de Bairro (IISB). Os índices por categoria são obtidos a partir do somatório dos indicadores compostos da respectiva categoria. A

Tabela 60 apresenta o cálculo do índice para todos os indicadores. Após o somatório se efetua a conversão do índice para escala de 0 a 1, aplicando posteriormente o Quadro 33 para verificação do nível de sustentabilidade que o bairro se encontra. Para cada nível de sustentabilidade é atribuída uma classificação qualitativa.

Equação 19

Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro (ICSB) =

$$\sum_k a_k b_k c_k$$

$$k = 1,2,\dots,12 \text{ e } t = 1,2,3,4$$

Onde k = indicador, t = categoria do indicador, a = indicador de pontuação normalizada, b = ponderação do indicador e c = índice agregado da categoria.

Tabela 60: Índice composto de sustentabilidade de bairro e o nível de sustentabilidade

Indicadores	Indicador normalizado	Ponderação (b)	Categoria agregada (c)	Índice composto
	Bairro analisado			Bairro analisado
Ambiental				
Infraestrutura verde	(a)	0,760		a*b*c
Drenagem urbana		0,922	0,61	
Uso misto		0,827		
Redução do consumo de energia		0,735		
Saneamento básico		0,729		
Econômico				
Proximidade a atividades comerciais de uso cotidiano		0,795	0,48	
Social				
Diversidade de tipologias habitacionais		0,819		
Proximidade a áreas verdes		0,859		
Acesso à educação		0,805	0,63	
Preservação do patrimônio existente		0,747		
Proximidade ao transporte público		0,813		
Institucional				
Cidadania digital		0,678	0,50	
Total				
Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro				
Nível de Sustentabilidade				

Os valores do índice se encontram em um intervalo de 0 a 1, e o valor 0,70 é considerado como um valor de base, ou limiar da sustentabilidade, ou seja, valores abaixo de 0,70 são considerados em situação indesejável.

Quadro 33: Escala de classificação do nível de sustentabilidade de bairro

Índice Composto de Sustentabilidade de Bairro	Nível de sustentabilidade	Classificação Qualitativa
0,90-1,00	5	Alto
0,70-0,90	4	Médio alto
0,50-0,70	3	Médio
0,30-0,50	2	Médio baixo
0,00-0,30	1	Baixo

Os valores estão organizados em cinco níveis de sustentabilidade: Baixo (0,00, <0,30), Médio baixo ($\geq 0,30$, <0,50), Médio ($\geq 0,50$, <0,70), Médio Alto ($\geq 0,70$, <0,90), Alto ($\geq 0,90$, 1,00). As cores utilizadas tem o objetivo de facilitar a visualização dos resultados e uma leitura expedita. Para a apresentação gráfica dos resultados é utilizado o gráfico do tipo radar.

Os escores dos indicadores normalizados seguem a mesma classificação do nível do índice, ou seja: o escore 5 indica alto nível de sustentabilidade, 4 indica nível médio alto de sustentabilidade, o escore de 3 indica um nível médio, enquanto o escore de 2 indica nível médio baixo de sustentabilidade e o escore 1 indica um baixo nível de sustentabilidade.

Etapa 8: Validação do ICSB

A oitava etapa se refere a validação dos resultados do índice. A análise de incerteza confirmou que a técnica de escala categórica é a mais indicada para a estrutura. A análise de sensibilidade verifica o nível de sensibilidade e confiabilidade dos indicadores que compõe a estrutura de avaliação. Para tanto, se utiliza o índice composto encontrado no bairro e se aplica na Equação 20. Um valor menor indica que o indicador é menos sensível ao índice composto e, portanto, menos confiável para avaliar a sustentabilidade de bairro.

Equação 20

$$SI_k = \frac{D_{max} - D_{min}}{D_{max}}$$

Onde SI = índice de sensibilidade, k = indicador, D_{max} = índice composto quando k está configurado para escala normalizada máxima e D_{min} = índice composto quando k é ajustado para uma escala normalizada mínima.

Etapa 9: Análise e interpretação do ICSB

A nona etapa está destinada para a análise e interpretação do ICSB. Nesta etapa é possível realizar a análise pormenorizada por indicador, por categoria e índice geral, bem como permite comparações entre bairros avaliados. Nesta etapa sugere-se gerar gráficos de barras para facilitar as interpretações dos resultados.

A estrutura de avaliação de sustentabilidade de bairro pode ser aplicada a diferentes bairros existentes de municípios com população inferior a 250.000 habitantes. A sua aplicação deverá seguir: a) embora várias avaliações possam ser aplicadas, os indicadores

devem ser mantidos os mesmos, para permitir a comparação; b) diferentes indicadores são permitidos, desde que obtidos os pesos, regidos pelos procedimentos deste estudo; e c) índice agregado das categorias pode ser modificado pelos avaliadores, com o apoio de consulta a especialistas e representantes da sociedade civil.

No caso de modificação do índice agregado das categorias se faz necessário elaborar um formulário com pergunta direcionada aos respondentes a respeito do percentual de importância de cada categoria ambiental, econômica, social e institucional frente à sustentabilidade de bairro. Com opção de resposta de 0 a 100%. Após aplicar os resultados obtidos na equação 3 do documento principal. O tamanho da amostra de respondentes não deve ser inferior a 218 (correspondente a esta pesquisa).



UPF

UNIVERSIDADE
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900
(54) 3316 7000 - www.upf.br