

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG

**PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES,
EDIFICAÇÕES E PRODUTOS**

**PROPOSIÇÃO DE INDICADORES PARA GESTÃO E
MONITORAMENTO DA SUSTENTABILIDADE DE GRANDES
LOTEAMENTOS URBANOS**

Marcelo Alencar Pereira

Belo Horizonte/MG

2021

Marcelo Alencar Pereira

**PROPOSIÇÃO DE INDICADORES PARA GESTÃO E
MONITORAMENTO DA SUSTENTABILIDADE DE GRANDES
LOTEAMENTOS URBANOS**

Monografia de Pós-Graduação defendida perante a banca examinadora, como parte dos requisitos necessários à aprovação no Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

Linha de Pesquisa: Tecnologia do Ambiente Construído

Orientadora: Karla Jorge Abrahão

Belo Horizonte/MG

Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFMG

13/09/2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG
Rua Paraíba, 697 – Funcionários
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823

FAX (031) 3409-8822

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DO ALUNO MARCELO ALENCAR PEREIRA COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.

Às 19:00 horas do dia 13 de setembro de 2021, reuniu-se em teleconferência privada, devido ao COVID-19, a Comissão Examinadora composta pela Prof^a Karla Cristina de Freitas Jorge Abrahão-Orientadora-Presidente, pela Prof^a Grace Cristina Roel Gutierrez-membro titular, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos, para avaliação da monografia intitulada **“PROPOSIÇÃO DE INDICADORES PARA GESTÃO E MONITORAMENTO DA SUSTENTABILIDADE DE GRANDES LOTEAMENTOS URBANOS”** de autoria do aluno **Marcelo Alencar Pereira**, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho (Nota 98 /Conceito A). A Comissão recomenda que seja encaminhado 01(hum) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas.

Belo Horizonte, 13 de Setembro de 2021


Prof^a Karla Cristina de Freitas Jorge
Orientadora-Presidente


Prof^a Grace Cristina Roel Gutierrez
Membro Titular

Todo projeto requer mudanças nos sistemas naturais preexistentes, além de gerar resíduos e demandar o consumo de energia e de insumos. Por conseguinte, um empreendimento totalmente “verde” não é possível. Contudo, apesar desta limitação inerente, toda iniciativa apresenta-se como uma oportunidade (ou até mesmo uma responsabilidade) para aperfeiçoamento do desempenho ambiental de projetos, estando o desafio da sustentabilidade atrelado a forma com que são obtidos os recursos e as estratégias traçadas para alcance de seu aproveitamento máximo, considerando sobretudo a eliminação do desperdício.

DOERR ARCHITECTURE, 2002

PROPOSIÇÃO DE INDICADORES PARA GESTÃO E MONITORAMENTO DA SUSTENTABILIDADE DE GRANDES LOTEAMENTOS URBANOS

Marcelo Alencar Pereira

Arquiteto e Urbanista, Pós-Graduando no Curso de Especialização de Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos; marceloap.arq@gmail.com
Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG – Escola de Arquitetura e Urbanismo;
Rua Paraíba, nº 697, Savassi, CEP: 30130-141, Belo Horizonte/MG

RESUMO

Sendo o *habitat* típico e característico do homem moderno a cidade, dadas as estimativas de aumento da população urbana nas próximas décadas, tona-se crucial avaliarmos o desempenho do ambiente citadino no que concerne o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS – ONU, 2015). Diversos estudos constataam o papel do meio urbano como agente catalizador do processo de mudanças climáticas, além de ser responsável por uma fração considerável das emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEE), promover a impermeabilização crescente dos solos, consumir quantias significativas de recursos naturais, energéticos e hídricos e promover uma geração exacerbada de rejeitos. Frente a este contexto, o presente trabalho objetiva propor ferramentas simples e eficazes para aferir a adesão de grandes loteamentos urbanos aos preceitos que regem o conceito de desenvolvimento sustentável, tendo como referência as métricas de apuração da sustentabilidade mais relevantes no contexto internacional e as sistemática por trás das principais certificações ambientais existentes. Neste sentido, acredita-se que a utilização dos indicadores arquitetados por este trabalho constitui-se como um meio eficiente para aprimorar a sustentabilidade de assentamentos, ao passo em que permite a sua aferição por diferentes espectros de avaliação, fornecendo instrumentos de mensuração úteis para que o poder público local, pessoa jurídica comercial e/ou associação privada da sociedade civil seja capaz de inspecionar parâmetros sociais, ambientais e econômicos de novos loteamentos no decorrer do seu ciclo de vida.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Indicadores; Parâmetros; Ferramentas de mensuração; Loteamentos; Planejamento urbano.

ABSTRACT

As the city is the typical and characteristic habitat of modern man, given the estimates of an increase in the urban population in the coming decades, it is crucial to assess the performance of the city environment in terms of achieving the Sustainable Development Goals (SDG - UN, 2015). Several studies confirm the role of the urban environment as a catalyst for the climate change process, in addition to being responsible for a considerable fraction of global emissions of Greenhouse Gases (GHG), promoting increasing soil sealing, consuming significant amounts of natural resources, energy and water and an exacerbated generation of tailings. Given this context, this paper aims to propose simple and effective tools to evaluate the adherence of large urban subdivisions to the precepts that govern the concept of sustainable development, having as reference the most relevant sustainability assessment metrics in the international context and the systematic by behind the main existing environmental certifications. Therefore, it is believed that the use of the indicators designed by this work constitutes an efficient means to improve the sustainability of settlements, while allowing its quantification by different evaluation spectra, providing useful measurement instruments for the local government, commercial legal entity and/or private civil society association is able to inspect the social, environmental and economic parameters of new subdivisions throughout their life cycle.

Keywords: Sustainability; Indicators; Parameters; Measurement tools; Subdivisions; Urban planning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MARCOS DA EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE	26
FIGURA 2: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 01: PLANEJAMENTO URBANO E OCUPAÇÃO	37
FIGURA 3: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 02: QUALIDADE AMBIENTAL HÍDRICA	43
FIGURA 4: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 03: BIODIVERSIDADE E ECOSSISTEMA	49
FIGURA 5: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 04: CICLOMOBILIDADE E ACESSIBILIDADE	53
FIGURA 6: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 05: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	58
FIGURA 7: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 06: RACIONAMENTO HÍDRICO	62
FIGURA 8: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 07: REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	68
FIGURA 9: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 08: MATERIAIS E INSUMOS	74
FIGURA 10: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 09: CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	80
FIGURA 11: EXEMPLO DE APLICAÇÃO - INDICADOR 10: INFORMAÇÃO, COMUNICAÇÃO E TECNOLOGIA	87
FIGURA 12: INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	90

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 01: PLANEJAMENTO URBANO E OCUPAÇÃO	34
TABELA 2: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 02: QUALIDADE AMBIENTAL HÍDRICA.....	40
TABELA 3: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 03: BIODIVERSIDADE E ECOSSISTEMA.....	46
TABELA 4: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 04: CICLOMOBILIDADE E ACESSIBILIDADE	52
TABELA 5: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 05: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	56
TABELA 6: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 06: RACIONAMENTO HÍDRICO	61
TABELA 7: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 07: REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	66
TABELA 8: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 08: MATERIAIS E INSUMOS	72
TABELA 9: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 09: CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	78
TABELA 10: CATEGORIZAÇÃO DO INDICADOR 10: INFORMAÇÃO, COMUNICAÇÃO E TECNOLOGIA	83

LISTA DE NOMENCLATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV	Análise do Ciclo de Vida
AQUA-HQE	Alta Qualidade Ambiental – <i>Haute Qualité Environnementale</i>
APP	Área de Preservação Permanente
BD+C	<i>Building Design and Construction</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CFC's	Gases Clorofluorcarbonetos
CLRTAP	<i>Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution</i>
CMMAD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
COP	Conferência das Partes
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EUA	Estados Unidos da América
FIBRA	Federação de Indústrias do Distrito Federal
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
GBC Brasil	<i>Green Building Council Brasil</i>
GEE	Gases do Efeito Estufa
ID+C	<i>Interior Design and Construction</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LEED-ND	<i>LEED Neighborhood Development</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
MDP	<i>Medium Density Particleboard</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Técnica Brasileira
O+M	<i>Operations and Maintenance</i>
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PBE-Edifica	Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RCC	Resíduos da Construção Civil
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UNFCCC	Convenção Quatro das Nações Unidas sobre a Mudança no Clima
UV	Raios Ultravioleta

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE NOMENCLATURAS E SIGLAS.....	7
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVOS	15
1.1.1. OBJETIVO GERAL	15
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.2. JUSTIFICATIVA	16
1.3. HIPÓTESES E PREMISSAS.....	17
1.4. ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA.....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE.....	19
2.2. A BUSCA PELA MENSURAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE POR MEIO DE INDICADORES.....	29
3. MÉTODOS E FERRAMENTAS	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1. INDICADOR DE PLANEJAMENTO URBANO E OCUPAÇÃO.....	33
4.1.1. OBJETIVO	33
4.1.2. JUSTIFICATIVA	33
4.1.3. FÓRMULA DE CÁLCULO	34
4.1.4. PERIODICIDADE DE CÔMPUTO.....	34
4.1.5. CATEGORIZAÇÃO	34
4.1.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
4.2. INDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL HÍDRICA	38
4.2.1. OBJETIVO	38

4.2.2.	JUSTIFICATIVA	38
4.2.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	40
4.2.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO.....	40
4.2.5.	CATEGORIZAÇÃO	40
4.2.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
4.3.	INDICADOR DE BIODIVERSIDADE E ECOSSISTEMA.....	44
4.3.1.	OBJETIVO	44
4.3.2.	JUSTIFICATIVA	44
4.3.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	46
4.3.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO.....	46
4.3.5.	CATEGORIZAÇÃO	46
4.3.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
4.4.	INDICADOR DE CICLOMOBILIDADE E ACESSIBILIDADE.....	50
4.4.1.	OBJETIVO	50
4.4.2.	JUSTIFICATIVA	50
4.4.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	51
4.4.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO.....	51
4.4.5.	CATEGORIZAÇÃO	52
4.4.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
4.5.	INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	54
4.5.1.	OBJETIVO	54
4.5.2.	JUSTIFICATIVA	54
4.5.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	56
4.5.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO.....	56
4.5.5.	CATEGORIZAÇÃO	56
4.5.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

4.6.	INDICADOR DE RACIONAMENTO HÍDRICO	59
4.6.1.	OBJETIVO	59
4.6.2.	JUSTIFICATIVA	59
4.6.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	60
4.6.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO	60
4.6.5.	CATEGORIZAÇÃO	61
4.6.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
4.7.	INDICADOR DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	63
4.7.1.	OBJETIVO	63
4.7.2.	JUSTIFICATIVA	63
4.7.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	65
4.7.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO	66
4.7.5.	CATEGORIZAÇÃO	66
4.7.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
4.8.	INDICADOR DE MATERIAIS E INSUMOS	69
4.8.1.	OBJETIVO	69
4.8.2.	JUSTIFICATIVA	69
4.8.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	71
4.8.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO	72
4.8.5.	CATEGORIZAÇÃO	72
4.8.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
4.9.	INDICADOR DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	75
4.9.1.	OBJETIVO	75
4.9.2.	JUSTIFICATIVA	75
4.9.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	78
4.9.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO	78

4.9.5.	CATEGORIZAÇÃO	78
4.9.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
4.10.	INDICADOR DE INFORMAÇÃO, COMUNICAÇÃO E TECNOLOGIA	81
4.10.1.	OBJETIVO	81
4.10.2.	JUSTIFICATIVA	81
4.10.3.	FÓRMULA DE CÁLCULO	82
4.10.4.	PERIODICIDADE DE CÔMPUTO	82
4.10.5.	CATEGORIZAÇÃO	83
4.10.6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
5.	CONCLUSÃO	88
6.	REFERÊNCIAS	91

1. INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade é amplo, complexo e dinâmico, por estar em constante aperfeiçoamento, na medida em que abrange novas esferas setoriais, engloba tendências construtivas, comportamentais e ideológicas globais e se adequa as inovações tecnológicas e descobertas científicas contemporâneas. A origem do termo é recente, e está associada a reavaliação da noção de desenvolvimento, precocemente ligada a ideia de crescimento, rompendo com a premissa de ausência de limites para a exploração dos recursos naturais. Neste sentido, pode-se afirmar que a opção pela sustentabilidade se tornou uma escolha por necessidade, refletindo uma preferência moral da sociedade perante o cenário sociopolítico internacional, impulsionada pela assimilação e entendimento acerca da interdependência existente entre desenvolvimento e meio ambiente.

Ao esbarrar em premissas importantes que estabelecem padrões essenciais para assegurar, em um primeiro momento, a continuidade e, em um segundo momento, a qualidade da vida no planeta, a sustentabilidade provocou, com o tempo, a necessidade de ser mensurada. A partir deste contexto, surge a idealização de elaboração de indicadores de sustentabilidade, constituídos majoritariamente por variáveis ambientais e socioeconômicas capazes de informar sobre o progresso da sociedade no alcance de um ideal comunitário, atrelado a concepção de um crescimento suportável. Segundo Lourenço (2006), tal demanda é oriunda da própria mudança de um modelo de desenvolvimento neoclássico para um modelo de desenvolvimento sustentável, o que exigiu a criação de novas ferramentas de medição, capazes de aferir as novas dimensões do progresso socioeconômico.

Dessa forma, objetivando contribuir para alteração do panorama histórico de desarticulação entre a indústria da construção civil e a causa ambiental, a dissertação que se segue busca propor indicadores para gestão e monitoramento da sustentabilidade de grandes loteamentos urbanos. Considerou-se, neste processo, as fases de planejamento, concepção,

implantação, uso, operação, expansão, manutenção e demolição de assentamentos, com características e escalas similares a cidades, tendo como alicerce os preceitos do Novo Urbanismo, as ideologias associadas aos Espaços Urbanos Biofílicos e os fundamentos que permeiam o conceito de *Smart Cities*. Os parâmetros aqui propostos têm como desafio principal promover a união ideal entre técnica e simplicidade, concebendo ferramentas de mensuração que se demonstrem eficazes frente a grandeza que propõem avaliar e que, ao mesmo tempo, sejam de fácil assimilação, rápida disseminação e prática aplicação na sociedade.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em propor indicadores de sustentabilidade capazes de aferir a adesão de grandes loteamentos urbanos aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), concebendo ferramentas capazes de inspecionar parâmetros sociais, ambientais e econômicos de novos assentamentos no decorrer de todo o seu ciclo de vida.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho consistem em:

- Elaborar de fórmulas de cálculo associadas a sistemas de categorização simples e efetivos para gestão e monitoramento da sustentabilidade de grandes loteamentos;
- Propor a análise da sustentabilidade dos empreendimentos partindo da perspectiva do planejamento urbano e da ocupação; da qualidade ambiental hídrica; da biodiversidade e do ecossistema; da ciclomobilidade e da acessibilidade; da eficiência energética; do racionamento hídrico; do reaproveitamento de resíduos; dos materiais e dos insumos; das construções sustentáveis; e, por fim, da informação, comunicação e tecnologia.

1.2. JUSTIFICATIVA

No decorrer do processo natural de evolução da espécie e, sobretudo a partir do surgimento da agricultura, o homem se estabelece, deixa de ser nômade e passa a construir uma relação de pertencimento com o espaço, apropriando-se do lugar, vivido e sentido, entendido aqui como o produto das interações humanas, tanto entre homem e homem quanto entre homem e natureza. Esta relação se altera de forma significativa no decorrer dos séculos, devido às inovações e transformações advindas do progresso da sociedade, como, por exemplo, a partir do surgimento dos burgos e, principalmente, devido às consequências e desdobramentos da Revolução Industrial (1760-1840).

Desde maio de 2007, quando, estatisticamente, a população urbana ultrapassou a rural, pode-se dizer que o *habitat* típico e característico do homem moderno é a cidade. Segundo estimativas mais recentes da ONU (2019), sabe-se que, atualmente, cerca de 55% da população mundial vive em áreas urbanas, e a expectativa é que esta proporção aumente para 70% até o ano de 2050. Frente a este contexto, com a pauta da sustentabilidade se afirmando cada vez mais como uma discussão crucial para manutenção das condições de habitabilidade do planeta, passou-se a refletir os impactos diretos e indiretos das atividades humanas e da urbanização tradicional sobre o meio natural.

Diversos estudos constatarem o papel significativo das cidades como agente catalizador do processo de mudanças climáticas, a medida em que contribuem para o fenômeno de geração das Ilhas de Calor, são responsáveis por uma fração considerável das emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEE) e promovem a impermeabilização crescente do solo, ao passo que avançam sobre ambientes nativos alterando permanentemente as paisagens naturais. Além da extração de recursos e do consumo energético e hídrico expressivos, o ambiente citadino é autor, ainda, de uma geração exacerbada de rejeitos. Sabe-se que, segundo o Panorama de Resíduos Sólidos 2018/2019 (ABRELPE, 2014), o Brasil registrou, em 2018, uma geração total de 216.629 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por dia, o equivalente a 1,039 kg por habitante. Em

âmbito global, a geração diária de RSU equivale a 1,4 bilhão de toneladas por ano, com uma produção média per capita de 1,2 kg por habitante.

Dessa forma, tendo em vista a conjuntura descrita, entende-se que é necessário propor novas maneiras de se pensar o espaço urbano e suas áreas de expansão, planejar conceitos inovadores de cidade e construir novas concepções para embasamento e constituição do principal *habitat* humano. Para satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades (CMMAD-ONU, 1987), é crucial que alteremos o *status-quo* que rege o processo tradicional de planejamento urbanístico, bem como a lógica que orienta a indústria da construção civil, propondo assentamentos pautados na consolidação de uma relação harmoniosa entre homem e natureza, promovendo, sobretudo, a sustentabilidade urbana.

1.3. HIPÓTESES E PREMISSAS

O trabalho parte das seguintes hipóteses e premissas:

- De que a simplicidade do indicador é relevante para permitir a sua fácil assimilação, rápida divulgação e prática aplicação na sociedade, fomentando a utilização do parâmetro pelo órgão governamental e/ou agente administrativo, bem como sua compreensão pelo público em geral.
- De que, apesar da aplicação dos indicadores ser também possível em assentamentos de pequeno e médio porte, os parâmetros de sustentabilidade aqui propostos voltam-se sobretudo para grandes loteamentos, com escalas similares a novas cidades, considerando inclusive a sua possibilidade de expansão futura.
- De que esse estudo se caracteriza como uma etapa inicial de proposição de indicadores de sustentabilidade. Ou seja, o presente trabalho objetiva tão-somente sugerir métricas para aferição de parâmetros socioeconômicos e ambientais de loteamentos, as quais, para consumação real e aplicação prática, carecem de validação e testes amostrais críticos de aplicabilidade, processo posterior que pode,

inclusive, resultar em alterações nas fórmulas de cálculo e promover ajustes nos sistemas de categorização previamente estabelecidos.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA MONOGRAFIA

O trabalho foi estruturado em 6 (seis) capítulos. O Capítulo 1 introduz brevemente os principais conceitos que foram considerados e abordados no decorrer desse estudo, além de descrever seus objetivos gerais e específicos, listar as hipóteses e premissas que o fundamentam e elucidar sobre a sua organização. O Capítulo 2 referencia os assuntos que permeiam o trabalho, debatendo, a partir de uma revisão da literatura existente, a respeito do significado do conceito de sustentabilidade e sobre a busca por sua mensuração por meio da elaboração de indicadores. O Capítulo 3 discorre sobre a estratégia adotada para desenvolvimento do estudo, descrevendo as referências que o embasaram, o método empregado em sua elaboração e os meios utilizados para sua consolidação. O Capítulo 4, por sua vez, apresenta os resultados dos indicadores de sustentabilidade propostos por esse trabalho. O Capítulo 5 conclui os assuntos tratados e perfaz o processo de proposição de indicadores. Por fim, o Capítulo 6, lista as referências que foram utilizadas como alicerce para desenvolvimento do estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

Segundo Lourenço (2006), o conceito de desenvolvimento sustentável emergiu na década de 80 a partir da necessidade de conciliar a ideologia capitalista neoclássica com a constatação dos limites ambientais do planeta, estimulado pelo aumento da pobreza e amplificação da concentração de renda. Esta reformulação se fez vital a partir da conscientização acerca da incompatibilidade existente entre os padrões de produção e consumo da sociedade com a perspectiva de preservação da espécie. Neste contexto, a Revolução Industrial (1760-1840), originária na Inglaterra na segunda metade do século XVIII, teve um papel fundamental como agente catalisador da origem do problema, na medida em que transformou, de forma profunda, o modo de vida da população, alterando permanentemente a relação entre homem e natureza.

Isto porque este período, marcado pelo início da transição de uma sociedade majoritariamente rural de mão de obra artesanal para uma população urbana de produção industrial permitiu, juntamente com os diversos avanços tecnológicos e com o grande desenvolvimento econômico subsequente, a exploração dos recursos naturais em uma escala nunca antes vista. O crescimento acelerado propiciado pelo aprimoramento das máquinas a vapor (James Watt, 1777) e, posteriormente, pela invenção dos motores à combustão interna fez com que a poluição crescente das fábricas, a produção desmedida de mercadorias e o consumo desenfreado de insumos para alimentar as indústrias fossem vistos a época como sinais claros e unilaterais de progresso. Partindo exclusivamente da ótica econômica, ignorou-se, portanto, os possíveis impactos sociais e ambientais decorrentes do modelo estrutural instaurado pela Revolução Industrial, o qual foi responsável por consolidar as bases do capitalismo.

Da Revolução Industrial emergiu uma sociedade calçada no consumo, que promove o aumento constante da demanda de recursos naturais e energia,

visando o acréscimo incessante da produção, almejando perpetuamente a ampliação dos lucros. Contudo, frente ao contexto histórico descrito, quando exatamente surgiram as primeiras discussões ideológicas, ambientalistas e preservacionistas, que vão na contramão deste raciocínio, pautando as premissas que hoje englobam o abrangente conceito de “desenvolvimento sustentável”?

Etimologicamente, sabe-se que a palavra “*sustentare*”, originária do latim, significa sustentar, suportar, conservar em bom estado, manter ou resistir. Dessa forma, subentende-se que algo “sustentável” é aquilo que é capaz de ser indefinidamente suportado ou permanentemente mantido, sendo que esta lógica pode-se aplicar tanto a projetos, objetos, mercadorias e seus processos de fabricação, quanto a instituições, civilizações, modelos socioeconômicos e metodologias de crescimento. Para Goldsmith (1972), por exemplo, uma sociedade pode ser considerada “sustentável” quando todos os seus propósitos e intenções podem ser atendidos indefinidamente, garantindo plena satisfação de seus membros.

Aprofundando historicamente na origem do termo “desenvolvimento sustentável”, analisando sua introdução nas pautas governamentais e repercussão nas políticas públicas globais, tem-se registros de que, em abril de 1968, um pequeno grupo de cientistas, empresários, diplomatas, educadores e economistas de dez países distintos se reuniram na Academia de Lincei, situada em Roma (Itália), para tratar assuntos relacionados ao uso indiscriminado dos recursos naturais e a sua consequência, em uma escala global, para o meio ambiente. Posteriormente, esta congregação ficou conhecida como o **Clube de Roma (Itália, 1968)**. No início de 1972, o mesmo grupo de pesquisadores, liderados por Dennis L. Meadows, comissionou um relatório produzido pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, que ficou globalmente conhecido como **Os Limites do Crescimento (MIT, 1972)** ou Crescimento Zero (*The Limits to Growth*). Basicamente, o documento discutia a temática da expansão demográfica associada a consequência, a curto e a longo prazo, da exploração exacerbada dos recursos naturais do planeta.

Em meio ao impacto causado pela publicação do relatório *Os Limites do Crescimento* (1972), já no fim do mesmo ano ocorreu a primeira grande reunião de chefes de estado para tratar das questões relacionadas a degradação do meio ambiente, denominada Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente Humano, evento que foi estruturado pela ONU e ocorreu em Estocolmo (Suécia), ficando popularmente conhecido como **Conferência de Estocolmo (Suécia, 1972)**. O acontecimento se tornou um marco no âmbito da sustentabilidade, justamente por representar a primeira vez em que grandes dirigentes de todo o mundo se reuniram para discutir temas que, futuramente, evoluiriam para o conceito do que hoje chamamos de desenvolvimento sustentável, mas que, na época, foram tratados como “ecodesenvolvimento”. Cabe pontuar que, na ocasião, também foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), projeto que atualmente constitui-se como a principal autoridade global relacionada a sustentabilidade.

Nos anos subsequentes, após a sucessão de duas crises do petróleo, a primeira em 1973 e a segunda em 1979, que elevaram o valor do barril a preços insustentáveis, os líderes dos grandes países foram obrigados a buscar acordos internacionais e alternativas para diversificação de sua matriz energética, voltando-se principalmente para fontes limpas e renováveis. Ademais, ainda em 1979, após apuração da ocorrência de fenômenos de chuva ácida no sul da Noruega provocados pela poluição oriunda de indústrias situadas principalmente na Inglaterra e em demais países do leste europeu, ocorreu a chamada Convenção sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância (CLRTAP – *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*), em Genebra (Suíça), ou simplesmente **Convenção de Genebra sobre Poluição Atmosférica (Suíça, 1979)**.

A partir das pautas levantadas por este evento, firmou-se, posteriormente, um acordo de cooperação internacional vigente desde 1983, denominado **Protocolo de Helsinque (Finlândia, 1983)**. O referido tratado objetiva promover a redução gradual da degradação da qualidade do ar e de seus efeitos, incluindo

a precipitação ácida, a acidificação dos solos, das massas d'água e o fenômeno da eutrofização.

Quatro anos depois, em 1987, após constatação da existência de um buraco na Camada de Ozônio na região polar sul da Terra e, por conseguinte, sucessão de uma série de discussões acerca dos impactos decorrentes da exposição direta da crosta do planeta aos raios ultravioleta (UV) provenientes do Sol, celebrou-se em 1987, no Canadá, o tratado internacional denominado **Protocolo de Montreal (Canadá, 1987)**. Por meio deste, 150 países se comprometeram a reduzir gradativamente o comércio e a produção de gases clorofluorcarbonetos (ou gases CFC's), respaldados pela confirmação de que a emissão excessiva desses efluentes, reagentes ao Ozônio (O³), havia sido a principal causa para degradação da Ozonoesfera. Cabe ressaltar que o resultado a longo prazo do Protocolo de Montreal foi tão satisfatório que fez com que o diplomata ganês e 7º Secretário Geral da ONU, Kofi Annan, posteriormente o classificasse como “o mais bem sucedido acordo internacional de todos os tempos” (Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFC's, 2011).

Seguindo com a investigação cronológica acerca da origem do termo “sustentabilidade”, pode-se afirmar que foi neste mesmo ano, em 1987, que surgiu a definição mais famosa e globalmente aceita sobre o tema, proveniente de um documento produzido pela Organização das Nações Unidas denominado **Relatório de Brundtland (ONU, 1987)**, ou Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*). Esta declaração conceitua o desenvolvimento sustentável como aquele que “satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades”.

Esta célebre caracterização foi pioneiramente dita pela então primeira-ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, encarregada, na ocasião, por coordenar a Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU (CMMAD), órgão responsável pela elaboração do referido Relatório, o que fez com que ele recebesse seu nome como homenagem. O documento afirma que, em essência: “o desenvolvimento sustentável é um processo de

transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas” (ONU, Relatório de Brundtland; 1987).

Conforme afirma Van Bellen (2004), pode-se constatar que a definição mais conhecida sobre sustentabilidade proveniente do Relatório de Brundtland aborda a questão das gerações futuras e de suas possibilidades, englobando duas concepções-chave em sua caracterização: o conceito de necessidade e a ideia de limitação. O primeiro termo se refere particularmente às necessidades dos países subdesenvolvidos, e o segundo é imposto pelo estado da tecnologia e da organização social humana, a fim de atender às demandas do presente e do futuro. Dessa forma, conclui-se que a definição decorrente do Relatório não estabelece um estado estático para o desenvolvimento sustentável, mas sim o qualifica como um processo dinâmico, que pode continuar a existir sem a lógica autodestrutiva predominante. Neste raciocínio, as diferentes forças que atuam no sistema devem estar sempre em equilíbrio, para que o conjunto como um todo se mantenha vivo no tempo (VAN BELLEN, 2004).

Após determinação e alinhamento acerca do que aspira um desenvolvimento caracterizado como “sustentável” e, por conseguinte, assimilação a respeito das várias esferas direta ou indiretamente tangenciadas pelo termo, consenso preliminarmente propiciado pelas reflexões derivadas do Relatório de Brundtland, diversos outros eventos e acordos ambientais internacionais relevantes se sucederam ao redor do mundo. Dentre estes, convém citar a criação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*), organização científico-política fundada em 1988 pela ONU em conjunto com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), que tem por objetivo fornecer avaliações científicas periódicas sobre as mudanças no clima, suas implicações e possíveis riscos futuros, objetivando propor opções de adaptação e mitigação.

Em complemento, menciona-se também a Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada pela ONU no Rio de Janeiro em junho de 1992, popularmente conhecida como **Rio 92 (Brasil, 1992)**, Eco 92 ou Cúpula da Terra. Esta reunião demarcou a aceitação geral pela comunidade política internacional de que era imprescindível traçar estratégias objetivando conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a utilização racional dos recursos. Ademais, resultou na firmação do tratado alcunhado de Convenção Quatro das Nações Unidas Sobre a Mudança no Clima (UNFCCC), que objetiva estabelecer a base para a cooperação internacional sobre questões técnicas e políticas relacionadas ao aquecimento global.

A Rio 92 também promoveu a instauração de um importante instrumento de planejamento nacional, denominado Agenda 21, documento que formaliza o compromisso político de aliar o desenvolvimento econômico com a cooperação socioambiental. Segundo Degani e Cardoso (2002), a Agenda 21 consolida a ideia de que o desenvolvimento e a conservação do meio ambiente devem constituir um binômio indissolúvel, promovendo a ruptura do padrão tradicional de crescimento econômico e tornando compatíveis as duas grandes aspirações da atualidade: o direito ao desenvolvimento, sobretudo para os países que permanecem em patamares insatisfatórios de riqueza e renda, e o direito ao usufruto da vida em ambiente saudável pelas futuras gerações.

Historicamente, sabe-se que em dezembro de 1997, cinco anos após sucessão da Rio 92, assinatura da UNFCCC e a instituição da Agenda 21, foi discutido, negociado e firmado em 1997 o tratado internacional denominado **Protocolo de Kyoto (Japão, 1997)**. Este importante documento é decorrente da Conferência das Partes 3 (COP-3), órgão supremo de tomada de decisão vinculado a UNFCCC. Tal acordo objetivou promover a redução rígida das emissões de gases causadores do Efeito Estufa pelos países associados, minimizando, conseqüentemente, as repercussões e os impactos decorrentes do aquecimento global no mundo.

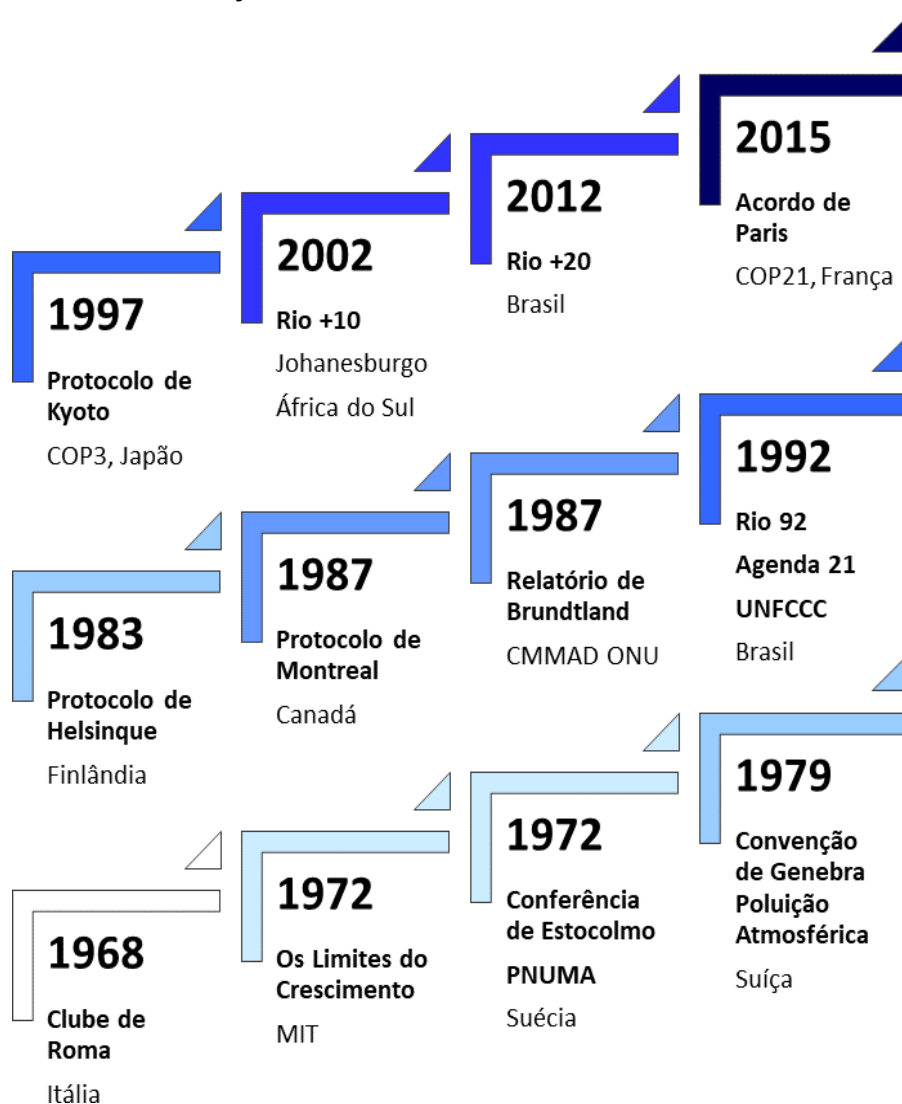
No século 21, os acordos internacionais e as conferências globais voltadas para a pauta da sustentabilidade se intensificaram, a medida em que a relevância do tema se tornou cada vez mais evidente e a demanda para direcionamento do desenvolvimento global para um viés sustentável se demonstrou cada vez mais eminente. Em setembro 2002, dez anos após a realização da Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992 (Rio 92), se sucedeu em Johannesburgo (África do Sul) o evento denominado Cúpula Mundial Sobre Desenvolvimento Sustentável, também protagonizado pela Organização das Nações Unidas (ONU). Com o objetivo de avaliar o progresso dos acordos estabelecidos há uma década pela Eco 92 e consolidados a partir da Agenda 21, a conferência ficou popularmente conhecida como **Rio +10 (Johannesburgo, 2002; África do Sul)**. Além da causa ambiental, nesta congregação foi dada uma ênfase especial para aspectos fundamentalmente sociais, na medida em que foram discutidas medidas que objetivavam reduzir o número de indivíduos que vivem abaixo da linha da pobreza, propondo metas voltadas para a erradicação da miséria no mundo.

Em consonância com as premissas que motivaram o desencadeamento da Rio +10 (2002), em junho de 2012 ocorreu, novamente no Rio de Janeiro, o evento que ficou popularmente conhecido como **Rio +20 (Rio de Janeiro, 2012; Brasil)**, oficialmente denominado Conferência das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento Sustentável. Além de buscar aferir a evolução dos acordos firmados há uma década na Rio +10 e a duas décadas na Rio 92, a convenção também objetivou renovar o compromisso político global com o desenvolvimento sustentável. Pode-se afirmar que os temas tratados na Rio +20 abordaram, principalmente, a estrutura institucional em prol da sustentabilidade e a economia verde como mecanismo para erradicação da pobreza, sendo que o evento foi marcado pelo esforço de se promover uma maior participação social na construção e implementação dos compromissos internacionais até então firmados.

Por fim, concluindo o breve panorama acerca das principais conferências ambientais e protocolos internacionais que elucidam as convicções envolvidas

no surgimento do conceito de sustentabilidade e que moldaram o amadurecimento do seu significado em nossa sociedade, convém pontuar acerca do **Acordo de Paris (França, 2015)**. Em paridade com o Protocolo de Kyoto (1997), este documento constitui-se como um compromisso mundial decorrente da Conferência das Partes 21 (COP-21), e foi firmado no ano de 2015 em Paris. O tratado advém do evento oficialmente denominado Conferência do Clima das Nações Unidas, propondo criar ações para limitar o aumento médio de temperatura da Terra provocado pelo aquecimento global em 2 °C, por meio do controle das emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). Ele se caracteriza, portanto, como uma espécie de acordo sucessor do Protocolo de Kyoto (1997), previamente mencionado.

Figura 1: Marcos da Evolução do Conceito de Sustentabilidade



Fonte: Elaboração do autor

Em suma, subentende-se após investigação da evolução do conceito de sustentabilidade sob a ótica internacional no decorrer dos últimos cinquenta anos, abordando desde a criação do Clube de Roma em 1968 até a efetivação do Acordo de Paris em 2015, que este pleito nada mais é do que uma necessidade advinda do reconhecimento da responsabilidade do homem para com o futuro. Contudo, neste quesito, é importante ponderar que, ao contrário do que é comumente disseminado na cultura popular, apesar de possuir uma origem ambientalista, esta preocupação não é única e exclusivamente voltada para uma perspectiva de preservação do planeta, da natureza e de seus recursos. Isto pois, em um cenário crítico de esgotamento, é evidente que a espécie humana será extinta muito antes da própria Terra. Sendo assim, pode-se dizer que, antes mesmo de representar um zelo do homem para com o meio ambiente, os preceitos intrínsecos ao conceito de sustentabilidade refletem uma preocupação do homem com o próprio homem, haja vista que, em um ecossistema inabitável, a nossa espécie não sobrevive.

Concluindo a revisão bibliográfica que visa a compreensão do que representa, de fato, a sustentabilidade, convém mencionar que Van Bellen (2004) pondera que a infinidade de definições e a diversidade de interpretações relacionadas ao termo sugere a possibilidade de ainda não se saber, ao certo, o seu real significado. Talvez por consequência, não exista hoje um consenso sobre como medi-la. Contudo, apesar de aparentar uma condição abstrata e quantitativamente imensurável, Guimarães (2001) é enfático ao afirmar que as consequências ambientais do modo como a população utiliza os recursos naturais são resultado de um estilo de desenvolvimento “ecologicamente predador, socialmente perverso, politicamente injusto, culturalmente alienado e eticamente repulsivo”. Em paralelo a este raciocínio, destaca-se uma concepção formalizada no Congresso Mundial de Desenvolvimento Sustentável (2005), evento onde concluiu-se que “desenvolvimento sustentável é aquele que não esgota os recursos para o futuro, e é ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito”.

Comparando esta percepção com a caracterização proposta pelo Relatório de Brundtland, pode-se constatar que ambas se assemelham sobretudo a partir da vinculação do conceito de sustentabilidade com o desejo de consumação de um desenvolvimento calçado na preservação das condições adequadas para permitir a sobrevivência das gerações futuras. Contudo, cabe ressaltar que a abordagem levantada pelo Congresso Mundial de Desenvolvimento Sustentável faz referência, ainda, ao intitulado “tripé da sustentabilidade”, constituído, tradicionalmente, pela esfera ambiental, social e econômica. No entanto, é importante notar que esta caracterização traz consigo, ainda, um quarto elemento, recentemente incorporado ao tema por teóricos e especialistas do meio, que abrange também a compreensão da sustentabilidade a partir da aceitação cultural.

Aprofundando neste discurso, alguns outros autores e pesquisadores relevantes sobre o assunto, tal como o economista polonês Sachs (2002), consideram que o desenvolvimento sustentável possui, em sua plenitude e aplicação prática, até oito dimensões de abrangência. São estas: a dimensão social, econômica, ecológica, ambiental, cultural, territorial e política, sendo que esta última deve ser analisada tanto sob a ótica nacional quanto pela perspectiva internacional. Resumidamente, a esfera social da sustentabilidade refere-se ao alcance de uma homogeneidade de distribuição de renda, qualidade de vida e igualdade de oportunidades. A esfera econômica diz respeito a um desenvolvimento financeiro, científico e tecnológico intersetorialmente equilibrado. A esfera ecológica e a ambiental são muito semelhantes, sendo ambas voltadas para a lógica do racionamento de insumos, porém se diferem pela maior abrangência da primeira, que se relaciona com a capacidade de preservação do potencial do capital natural na produção de recursos renováveis e com a limitação do uso de fontes não renováveis.

A dimensão cultural do desenvolvimento sustentável, ainda segundo Sachs (2002), abrange o tênue equilíbrio que deve se perpetuar entre o respeito às tradições, crenças e costumes dos diferentes povos e a inovação, conceituada aqui em um âmbito geral. A dimensão territorial, por sua vez, aborda

questos relacionados ao balanceamento das configurações urbanas e rurais, a superação das disparidades inter-regionais e a aplicação de estratégias de desenvolvimento ambientalmente seguras para áreas ecologicamente frágeis. Por fim, a dimensão política nacional concerne resumidamente a uma democracia regional calçada em termos de apropriação universal dos direitos humanos; e a dimensão política internacional, no que lhe diz respeito, baseia-se na eficácia das políticas universais de prevenção de guerras, além de referir-se à efetividade da promoção da cooperação internacional em prol do que hoje representam os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS; ONU, 2015), fruto da Agenda 2030, adotada em 2015 durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável.

Tendo em vista estes conceitos, Van Bellen (2004) considera que o casamento da perspectiva do desenvolvimento pautado sob o lado puramente econômico com a ótica social e ambiental ampliou suas dimensões conceituais, aumentando consideravelmente sua complexidade. Isto pois a visão neoclássica interpreta o desenvolvimento econômico por meio de estoques e fluxos de capital. No desenvolvimento sustentável, esta interpretação é aparentemente mantida, mas o próprio conceito de capital é expandido para incluir, também, ao menos o capital natural, humano e social. Sendo assim, de acordo com Guimarães (1997), pode-se concluir que o entendimento da relação existente entre os problemas ambientais e o processo de crescimento da humanidade se legitima e se consolida mediante o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável.

2.2. A BUSCA PELA MENSURAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE POR MEIO DE INDICADORES

Ao esbarrar em premissas importantes que estabelecem padrões essenciais para assegurar, em um primeiro momento, a continuidade e, em um segundo momento, a qualidade da vida no planeta, a sustentabilidade provocou, com o tempo, a necessidade de ser mensurada. Esta demanda surgiu não só devido a relevância indubitável do tema, mas também por se tratar de um assunto global que exige esforços coletivos a partir de uma contribuição mundial

conjunta. Sendo assim, a partir deste contexto, surge a idealização de elaboração de indicadores de sustentabilidade, constituídos majoritariamente por variáveis ambientais e socioeconômicas capazes de informar sobre o progresso da sociedade no alcance de um ideal comunitário, atrelado a concepção de um crescimento suportável. De acordo com Lourenço (2006), tal demanda é oriunda da própria mudança de um modelo neoclássico de desenvolvimento para um modelo de desenvolvimento sustentável, o que exigiu a criação de novas ferramentas de medição, capazes de aferir as novas dimensões do progresso socioeconômico.

O conjunto de indicadores aplicados a um processo de cálculo pode dar origem a um índice, capaz de dimensionar e comparar o quanto determinado país, estado, cidade, condomínio, empresa, edifício, indivíduo ou qualquer unidade funcional está de fato contribuindo para uma melhora das condições ecossistêmicas do planeta e colaborando para efetivação de um futuro calçado em um desenvolvimento verdadeiramente sustentável. Para serem relevantes, contudo, estes indicadores devem fornecer subsídios para o processo político de governança ambiental, atuando como instrumentos auxiliares do processo deliberativo.

Isto pois, segundo Gallopin (1996), para ser representativo, o indicador deve ser relevante tanto para quem toma decisões, quando para o público afetado por estas. Dessa forma, o grande desafio na construção de indicadores consiste na conjugação da aplicação do conhecimento técnico, de forma que se torne um parâmetro confiável e verossímil com relação a grandeza analisada, com a priorização da simplicidade, garantindo que o instrumento se torne útil para o processo político, além de significativamente divulgado e amplamente assimilado por seu público-alvo.

Os diversos indicadores sociais utilizados desde a década de setenta para avaliar a qualidade de vida e orientar a ação governamental são exemplos de parâmetros já implementados cujo êxito é resultante de uma união bem-sucedida entre técnica e simplicidade. Indicadores econômicos, por exemplo, como o

Produto Interno Bruto (PIB), a renda-per-capita e o nível de desemprego já estão padronizados na sociedade. De acordo com Lourenço (2006), a utilização sistemática destes parâmetros para avaliar o desempenho socioeconômico de uma região demonstra sua importância para o monitoramento da economia. No caso do desenvolvimento sustentável, encarado como um objetivo concreto que depende de ações públicas e privadas para assegurar sua expansão, indicadores de sustentabilidade são relevantes pois auxiliam no processo de tomada de decisão, permitindo a avaliação dos resultados práticos das ações em prol da sustentabilidade.

Sumariamente, deduz-se que o objetivo principal dos indicadores é de agregar e quantificar dados de uma maneira a tornar sua significância mais aparente, simplificando informações sobre fenômenos complexos e, conseqüentemente, aprimorando o processo de comunicação. Dessa forma, a proposta de construir indicadores capazes de gerir e monitorar a sustentabilidade de grandes loteamentos surge mediante a necessidade de marcar no tempo um novo processo de planejamento urbano, instituindo-se como um plano-resposta as demandas atuais de reformulação crítica dos modelos pré-estabelecidos de uso e ocupação do solo, de utilização e aproveitamento dos recursos naturais e da própria relação entre homem e natureza, assumindo compromissos a longo prazo diretamente atrelados a consolidação de um desenvolvimento efetivamente sustentável.

3. MÉTODOS E FERRAMENTAS

Para lograr êxito nos objetivos almejados, adotou-se como referência para composição do presente trabalho as métricas em que se fundamentam as ferramentas de mensuração da sustentabilidade mais relevantes no contexto internacional, tais como o *Ecological Footprint* (1996), o *Dashboard of Sustainability* (1999) e o *Barometer of Sustainability* (1997). A dissertação também se baseou na sistemática por trás das principais certificações de construções sustentáveis com reconhecimento tanto em âmbito nacional quanto mundial, a exemplo dos selos *LEED*, *LEED-ND*, *AQUA-HQE*, *Casa Azul (CAIXA)* e *One Planet Living*®. Todas estas metodologias serviram como alicerce para construção dos parâmetros propostos, adaptando a lógica em pauta aos objetivos de se construir indicadores para gestão e monitoramento da sustentabilidade de grandes loteamentos urbanos.

A metodologia aplicada para construção das ferramentas de mensuração pode ser subdividida em seis etapas. A primeira consiste na sintetização do objetivo que rege a elaboração do indicador em questão. A segunda explica sua justificativa existencial frente aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável em âmbito global. A terceira etapa compreende a concepção de uma fórmula de cálculo capaz de aferir, da forma mais simples e efetiva quanto possível, a grandeza que determinado parâmetro se propõe a mensurar. A quarta etapa trata-se da determinação de uma periodicidade de cômputo para o indicador, tendo como base suas características gerais. A quinta etapa, por sua vez, traduz-se na sistematização de uma categorização para o parâmetro, baseando-se nos resultados potenciais das equações previamente anunciadas. A sexta e última etapa resume-se em considerações finais essenciais para permitir a correta aplicação e o cômputo adequado do instrumento de aferição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. INDICADOR DE PLANEJAMENTO URBANO E OCUPAÇÃO

4.1.1. Objetivo

O Indicador de Planejamento Urbano e Ocupação tem por objetivo mensurar o quanto a tipologia de uso e as configurações de apropriação do solo adotadas no *MasterPlan* do loteamento alvo contribuirão para a consolidação de um assentamento sustentável, agradável e inteligente, com delineação dos espaços baseando-se primordialmente na promoção da qualidade de vida da população.

4.1.2. Justificativa

Tendo como fundamento o objetivo maior de contribuir para a consolidação de grandes loteamentos amparados em premissas do desenvolvimento sustentável, sabe-se que é na fase de planejamento da forma de ocupação e idealização das características predominantes do desenho urbano em que são tomadas decisões importantes, que terão papel primordial na condução futura do projeto para uma implantação e expansão efetivamente sustentáveis. As convicções, os traços e as estratégias empregadas no *MasterPlan* do empreendimento podem agir como grandes facilitadores ou dificultadores na busca por este ideal, e é por este motivo que se justifica a criação de um indicador capaz de nortear e administrar as soluções urbanísticas relacionadas.

A partir deste entendimento, acredita-se que os espaços públicos de lazer desempenham função essencial para qualificação da ambiência das cidades enquanto elementos de desenho urbano, baseando-se na ideologia de Gehl (2013) de se planejar “cidade para pessoas” e nas convicções de Lefebvre (1991) sobre a importância de se garantir, a todos, o “Direito à Cidade”. Sendo o lazer uma necessidade básica da população, além de um direito social garantido pela Constituição, o estudo de Cardoso, Abreu e Oliveira (2016) enfatiza que sua

distribuição no espaço urbano é de fundamental importância para o encontro e convívio comunitário, o que oportuniza uma vida melhor para todos.

Sendo assim, conclui-se que uma forma de mensurar a distribuição destes espaços no terreno, visando garantir a presença e estimular a sua implantação ao longo do território de loteamentos configura-se como um procedimento interessante para avaliação da qualidade do planejamento urbanístico adotado em novos projetos. Dessa forma, o primeiro Indicador de Sustentabilidade proposto pelo trabalho busca calcular a disposição média de espaços públicos de lazer existentes por quadra nos territórios de interesse.

4.1.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Planejamento Urbano e Ocupação} = \frac{N^{\circ} \text{ EPL} \times 100}{N^{\circ} \text{ QUA}}$$

Onde:

Nº EPL = Número de espaços públicos de lazer implantados no loteamento;

Nº QUA = Número de quadras construídas no loteamento.

4.1.4. Periodicidade de Cômputo

Semestral / 06 (seis) meses

4.1.5. Categorização

Tabela 1: Categorização do Indicador 01: Planejamento Urbano e Ocupação

INDICADOR DE PLANEJAMENTO URBANO E OCUPAÇÃO	ÓTIMO	INDICADOR ≥ 4
	BOM	4 > INDICADOR ≥ 3
	MÉDIO	3 > INDICADOR ≥ 2
	RUIM	2 > INDICADOR

4.1.6. Considerações Finais

Para compreensão e cômputo adequado do Indicador de Planejamento Urbano e Ocupação, torna-se essencial definir quais ambientes podem ser considerados como Espaços Públicos de Lazer (EPL) implantados no

loteamento, uma vez que é esta a variável presente no numerador da fórmula de cálculo. Dessa forma, os EPL's podem ser caracterizados como:

- **EPL:** Locais de uso comum e posse de todos, onde o indivíduo pode entrar e circular, necessariamente voltados para atividades de recreação, contemplação, lazer, estadia e convivência, que apresentem um estado de conservação e uma condição de qualidade que permitam o usufruto devido da população.

Exemplificando, são considerados Espaços Públicos de Lazer (EPL's): as praças, sejam estas ajardinadas, de flora diversificada ou predominantemente impermeabilizadas, com mobiliários urbanos adequados e equipamentos públicos diversos; os parques, sejam estes compostos por campos gramados de uso permissivo ou por reservas ecológicas de vegetação adensada e ocupação restrita, desde que permitido o seu aproveitamento mediante a realização de atividades específicas (ecoturismo); os quiosques, bosques, mirantes, *parklets*, dentre outros ambientes e instalações de uso público, concebidos com a qualidade devida na escala do pedestre, cuja serventia primordial é o entretenimento e o bem estar geral da população.

Com relação às quadras, a outra variável que constitui o denominador da fórmula, pode-se defini-las como:

- **Quadra:** É a menor área de um espaço urbano delimitada por ruas, rios ou avenidas, caracterizando a unidade básica de formação de assentamentos urbanos, também chamada de “quarteirão”.

Por fim, também é importante ressaltar que a equação construída para apuração do indicador em questão informará a média de Espaços Públicos de Lazer existentes por quadra no território analisado, não aferindo necessariamente a efetividade de distribuição destes ambientes no terreno. Ou seja, pode-se haver regiões com uma concentração excessiva de EPL's, o que provavelmente contribuirá para uma ocupação urbana de qualidade nestes locais, e outros demasiadamente carentes destes equipamentos, o que

possivelmente refletirá em um desenho urbano deficiente nestas zonas, sem que esta realidade específica esteja obrigatoriamente retratada na categorização final do indicador. Esta é uma limitação assentida da fórmula de cálculo que, contudo, espera-se ser compensada por meio da gestão e do monitoramento dos demais Indicadores de Sustentabilidade propostos no decorrer do trabalho.

Ademais, a atribuição “com qualidade”, condicionante apresentada na descrição da variável EPL, carrega em si uma carga de subjetividade que é, de certa forma, indesejável frente a proposta de construção de instrumentos técnicos que buscam mensurar de forma objetiva a sustentabilidade de grandes loteamentos. Contudo, trata-se de um requisito fundamental para que o indicador em pauta cumpra com seus objetivos, haja vista que a distribuição de Espaços Públicos de Lazer precários na malha urbana não contribui para a aprimoração do ambiente citadino, sendo irrelevante para consolidação de uma boa ocupação. Neste sentido, estima-se que a aferição da qualidade dos EPL's e definição sobre a sua contabilização ou não na fórmula de cálculo será uma atribuição que ficará a cargo do poder público local, pessoa jurídica comercial e/ou associação privada da sociedade civil responsável pela administração e gerenciamento do empreendimento em análise.

Figura 2: Exemplo de Aplicação - Indicador 01: Planejamento Urbano e Ocupação



$$\text{Indicador de Planejamento Urbano e Ocupação} = \frac{N^{\circ} \text{ EPL} \times 100}{N^{\circ} \text{ QUA}}$$

Onde:

Nº EPL = Número de espaços públicos de lazer implantados no loteamento;

Nº QUA = Número de quadras construídas no loteamento.

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = SEMESTRAL / 06 (SEIS) MESES



Fonte: Imagem adaptada de Yue Liang, Mengbing Du, Xiangxiao Wang, Xiwei Xu (sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0149718919302381)

□ EPL's = 5
 □ QUADRAS = 50

$$\text{Indicador de Planejamento Urbano e Ocupação} = \frac{5 \times 100}{50} = 10 \quad \text{ÓTIMO}$$

INDICADOR DE PLANEJAMENTO URBANO E OCUPAÇÃO	ÓTIMO	INDICADOR ≥ 4
	BOM	4 > INDICADOR ≥ 3
	MÉDIO	3 > INDICADOR ≥ 2
	RUIM	2 > INDICADOR

4.2. INDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL HÍDRICA

4.2.1. Objetivo

O Indicador de Qualidade Ambiental Hídrica tem por objetivo avaliar o quanto a forma de ocupação, as características de expansão e as políticas de preservação empregadas em grandes loteamentos urbanos contribuem para o desenvolvimento de uma comunidade ecologicamente correta a partir da promoção de um ambiente citadino ambientalmente saudável.

4.2.2. Justificativa

Partindo do objetivo de contribuir para a gestão e monitoramento de grandes loteamentos urbanos calçados em preceitos da sustentabilidade, sabe-se que a avaliação da qualidade da evolução de um sistema mediante a perspectiva ecossistêmica vai em concordância direta com a temática de um dos três pilares em que se fundamenta o próprio conceito de sustentabilidade. Dessa forma, a elaboração de um indicador voltado especificamente para a análise de novos assentamentos do ponto de vista ambiental, sendo este a trama central de uma das três esferas do desenvolvimento sustentável, torna-se essencial para legitimar um estudo que objetiva justamente propor ferramentas para auxiliar a mensuração do progresso de empreendimentos no alcance deste ideal.

Sabe-se que, de uma forma geral, meio ambiente pode ser definido como um conjunto de unidades ecológicas que funcionam como um sistema natural, incluindo toda a vegetação, os animais, os microrganismos, o solo, as rochas, a atmosfera e os fenômenos que podem ocorrer em seus limites. Seu conceito também compreende os recursos e eventos físicos, tais como o ar, a água e o clima, bem como a energia, a radiação, as descargas elétricas e o magnetismo. De acordo com as Nações Unidas, meio ambiente nada mais é do que o conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos, de curto a longo prazo, sobre os seres vivos e as atividades humanas.

Sendo assim, considerando a concepção abrangente que o significado de meio ambiente carrega, estando relacionado a interação entre fatores biológicos, físicos, sociais e econômicos; ponderando ainda que seu conceito engloba tanto o meio natural quanto o urbano, propõe-se, para a avaliação de grandes loteamentos a partir de parâmetros ambientais, a construção de um indicador de sustentabilidade diretamente atrelado a condição de conservação dos recursos hídricos naturais existentes no terreno.

Baseando nos conceitos que permeiam as principais vertentes ideológicas globais acerca do chamado “Novo Urbanismo”, o estado de preservação dos cursos d’água superficiais e subterrâneos de um determinado território tem papel fundamental e interferência direta na qualidade ecossistêmica deste local. Isto pois a água, além de estar intimamente relacionada a diversas atividades humanas, é o elemento central de um ciclo hidrológico que afeta a vida de todos os seres vivos. Sendo assim, a correta gestão e o usufruto sustentável deste recurso tornaram-se um dos pilares de um movimento que prega um modelo inovador de se pensar as cidades, partindo, sobretudo, do respeito aos recursos naturais e da construção de espaços em prol da relação harmoniosa entre homem e natureza.

Esta concepção alinha-se, sobretudo, a tendência de despoluição das águas, resgate e preservação das paisagens naturais, mantendo o rio como elemento fundamental do ecossistema das cidades. Tal vertente ideológica é contrária, por exemplo, aos projetos desenvolvimentistas que propõem a canalização de cursos d’água, oriundos de uma visão ultrapassada que buscava transformar o automóvel no protagonista dos projetos urbanísticos, fazendo com que os rios, já poluídos por esgotos e dejetos de todos os tipos, fossem sendo erradicados do cenário urbano para ampliação da malha asfáltica.

É evidente que a proposta de construir indicadores para gestão e monitoramento da sustentabilidade de grandes loteamentos vai de encontro aos ideais do “Novo Urbanismo”, haja vista que esta iniciativa tem também como propósito contribuir para o planejamento de assentamentos ambientalmente

mais saudáveis e ecologicamente mais agradáveis para se viver. Sendo assim, entende-se que a construção de uma ferramenta capaz de monitorar os esforços empregados para preservação dos recursos hídricos naturais de um terreno alvo de parcelamento urbano é uma etapa fundamental para se alcançar os objetivos almejados pelo presente trabalho.

4.2.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Qualidade Ambiental Hídrica} = \frac{HSNPC \times 100}{HSNPT}$$

Onde:

HSNPC = Comprimento linear de Hidrografia Superficial Natural Perene Conservada no território do loteamento;

HSNPT = Comprimento linear de Hidrografia Superficial Natural Perene total.

4.2.4. Periodicidade de Cômputo

Semestral / 06 (seis) meses.

4.2.5. Categorização

Tabela 2: Categorização do Indicador 02: Qualidade Ambiental Hídrica

INDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL HÍDRICA	ÓTIMO	INDICADOR = 100%
	BOM	100% > INDICADOR ≥ 85%
	MÉDIO	85% > INDICADOR ≥ 75%
	RUIM	75% > INDICADOR

4.2.6. Considerações Finais

Percebe-se que a fórmula de cálculo elaborada para o indicador em questão busca mensurar a porcentagem de cursos d'água superficiais perenes que foram conservados no território dos grandes loteamentos após sua implantação, comparando com a situação de preservação original da hidrografia superficial previamente existente no local. O objetivo é quantificar o impacto da urbanização na hidrografia natural da região, medindo a porcentagem de

intervenção em cursos d'água decorrente do assentamento em análise. A equação é baseada, portanto, nas medidas de comprimento linear da rede hidrográfica de interesse, categorizando os quantitativos previstos em Hidrografia Superficial Natural Perene Conservada (*HSNPC*) e Hidrografia Superficial Natural Perene Total (*HSNPT*), devendo ambas as incógnitas estarem compatibilizadas sob a mesma unidade de medida.

Aprofundando nas especificações dos cursos d'água atreladas a variável *HSNPC* (Hidrografia Superficial Natural Perene Conservada), entende-se como “Superficial” todos os córregos e rios que correm na superfície do terreno, excluindo, portanto, deste parâmetro, os aquíferos, lençóis freáticos e demais massas hídricas subterrâneas. Optou-se por incluir esta restrição devido às limitações inerentes ao cômputo, prezando pela simplicidade da fórmula de cálculo, considerado também, sobretudo, o entendimento de que a preservação da hidrografia superficial aparente acarreta, de forma indireta e parcial, na proteção da rede hidrográfica subterrânea.

A definição de hidrografia “Natural”, por sua vez, contempla toda a rede de drenagem originalmente presente no território de análise, pré-supressão ou que não é oriunda de intervenções humanas. Discorrendo acerca da categorização “Perene”, esta refere-se à classificação de rios e córregos naturais com base nas características de escoamento superficial apresentadas ao longo do ano. Baseando-se nas definições do Novo Código Florestal, promulgado por meio da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, tem-se que:

- **Cursos D'água Naturais Perenes:** São aqueles que apresentam, naturalmente, escoamento superficial durante todo o ano;
- **Cursos D'água Naturais Intermitentes:** São aqueles que não apresentam, naturalmente, escoamento superficial durante todo o ano;
- **Cursos D'água Naturais Efêmeros:** São aqueles que apresentam, naturalmente, escoamento superficial apenas durante ou imediatamente após períodos de precipitação.

Por fim, com a atribuição “Conservada”, engloba-se todo o comprimento linear de curso d’água que manteve suas condições naturais físicas inalteradas após ocupação. Isto é, todo córrego ou rio inserido nas dependências dos loteamentos que não sofreu transformações visíveis nas características de seu curso original nem deteriorações da qualidade de suas águas pelo despejo de efluentes por parte do loteamento; tendo, portanto, sido mantido conservado em leito natural com as devidas Áreas de Preservação Permanente (APP’s) e matas ciliares associadas preservadas. Para especificação destes afastamentos, referencia-se as deliberações presentes no Artigo 4, Seção I, Capítulo II do Novo Código Florestal, que estabelece:

[Art. 4º] *“Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:*

I – As faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 m, para os cursos d’água de menos de 10 m de largura;*
- b) 50 m, para os cursos d’água que tenham de 10 a 50 m de largura;*
- c) 100 m, para os cursos d’água que tenham de 50 a 200 m de largura;*
- d) 200 m, para os cursos d’água que tenham de 200 a 600 m de largura;*
- e) 500 m, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 m.”*

Conclui-se assim, pelo detalhamento da variável aplicada no numerador da fórmula de cálculo (*HSNPC*), que o indicador proposto objetiva mensurar a manutenção da qualidade e das características físicas originais da rede hidrográfica local (Conservação), condicionando a análise para os cursos d’água que correm exclusivamente na superfície de drenagem do terreno (Superficiais), previamente existentes na região (Naturais) e que apresentam escoamento superficial durante todo o ano (Perenes).

A incógnita presente no denominador da equação (*HSNPT*) apresenta as mesmas propriedades e condicionantes previamente descritas, contudo, engloba o montante de comprimento linear total da rede de drenagem existente

no território dos grandes loteamentos, e não apenas os trechos e percursos hidrográficos que foram devidamente conservados.

Figura 3: Exemplo de Aplicação - Indicador 02: Qualidade Ambiental Hídrica



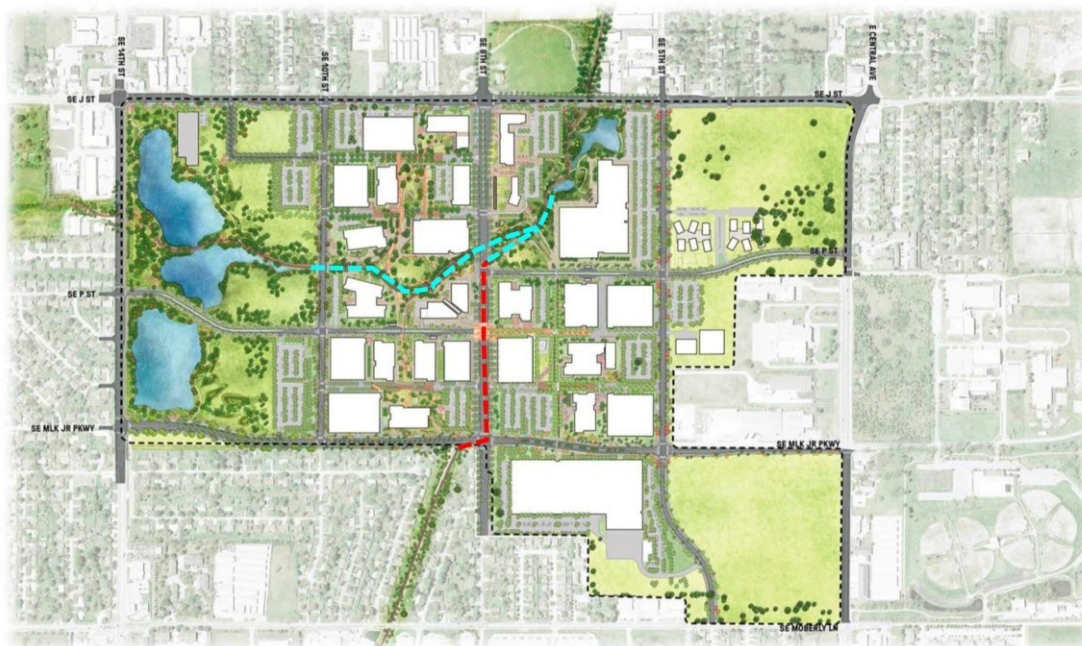
$$\text{Indicador de Qualidade Ambiental Hídrica} = \frac{\text{HSNPC} \times 100}{\text{HSNPT}}$$

Onde:

HSNPC = *Comprimento linear de Hidrografia Superficial Natural Perene Conservada no território do loteamento;*

HSNPT = *Comprimento linear de Hidrografia Superficial Natural Perene total.*

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = SEMESTRAL / 06 (SEIS) MESES



Fonte: Imagem adaptada de SWA Group (swagroup.com/projects/walmart-new-home-campus)

Hidrografia Superficial
Natural Perene Canalizada
200 metros

Hidrografia Superficial
Natural Perene Conservada
325 metros

$$\text{Indicador de Qualidade Ambiental Hídrica} = \frac{325 \times 100}{525} = 61,90$$

RUIM

INDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL HÍDRICA	ÓTIMO	INDICADOR = 100%
	BOM	100% > INDICADOR ≥ 85%
	MÉDIO	85% > INDICADOR ≥ 75%
	RUIM	75% > INDICADOR

4.3. INDICADOR DE BIODIVERSIDADE E ECOSISTEMA

4.3.1. Objetivo

O Indicador de Biodiversidade e Ecossistema tem por objetivo analisar a qualidade da relação de interdependência entre seres vivos e meio ambiente existente no interior do território de investigação ao longo do período de implantação, operação e expansão do loteamento, visando garantir a manutenção da quantidade e a proliferação da heterogeneidade das espécies de fauna e flora como indício de uma ocupação ambientalmente saudável no local.

4.3.2. Justificativa

Assim como o Indicador de Qualidade Ambiental Hídrica previamente descrito, os parâmetros de biodiversidade e ecossistema enquadram-se como um importante componente da macro-esfera ambiental em que se alicerça o próprio conceito de sustentabilidade, devidamente abordado no segundo capítulo desta dissertação. Sendo assim, para avaliar a construção de grandes loteamentos a partir da perspectiva de um desenvolvimento sustentável, sendo este o propósito capital atrelado a elaboração dos indicadores, torna-se crucial estabelecer um critério voltado estritamente para a análise do conjunto de elementos bióticos e abióticos que integram a área em estudo, atentando-se principalmente para a qualidade da interação existente entre a diversidade de espécies presentes.

De maneira geral, o conceito de biodiversidade abrange a grande variedade de formas de vida (animais e vegetais) que são encontradas nos mais diferentes ambientes. A palavra é composta pela união do radical grego “bio”, que significa vida, com a terminação “diversidade”, que equivale a variedade, composição que sintetiza seu significado. A biodiversidade, sumariamente, é formada por “espécies vivas que compreendem plantas, animais e microrganismos que povoam desde as profundezas dos oceanos até as mais altas montanhas”.

Ecossistema, por sua vez, se trata do conjunto de características físicas, químicas e biológicas que influenciam a existência de uma espécie animal ou vegetal. É, portanto, uma unidade natural constituída de parte não viva (água, gases atmosféricos, sais minerais, radiação solar) e de parte viva (plantas, animais, microrganismos) que interagem e se relacionam, formando um sistema estável.

Sabendo, portanto, da relevância do indicador em questão para o propósito elementar do trabalho e após entender melhor o seu conceito, propõe-se mensurar a qualidade da biodiversidade e do ecossistema existente em grandes loteamentos urbanos mediante a aferição da quantidade e da variedade de espécies arbóreas empregadas em seu paisagismo viário. Optou-se por esta abordagem principalmente devido a simplificação do processo de contabilização das variáveis, quando estas se referem a espécies do reino vegetal, quando comparada a complexidade de registro de espécies do reino animal, por exemplo. A importância de uma flora rica e diversificada para promoção de uma ambiência urbana satisfatória também foi considerada na formulação do indicador, quando comparada a relevância destas características se garantidas para os seres vivos pertencentes aos demais reinos animais, também englobados pelo amplo conceito de biodiversidade.

Além disso, se considerarmos o papel primordial desempenhado pela classe vegetal para instituição e promoção da heterogeneidade, que atua como um polo de atração e proliferação de demais espécies, entende ser este um parâmetro pertinente na verificação da qualidade ecossistêmica local. Tal atribuição se dá devido ao fato de as árvores representarem, para grande parte dos seres vivos, relevantes fontes de alimento, de nutrientes e convenientes estruturas de abrigo, similares ou até equivalentes aos seus respectivos *habitats* naturais. Estes fatores fazem com que uma arborização urbana abundante e diversificada se torne um elemento capital para manutenção da biodiversidade das áreas em estudo, o que justifica sua escolha como parâmetro de ponderação do indicador em questão, visto que sua proliferação facilita e promove a disseminação de demais espécies.

4.3.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Biodiversidade e Ecossistema} = \frac{N^{\circ} AV \times EAV}{\sum N^{\circ} Pav}$$

Onde:

Nº AV = Número de árvores implantadas nas vias do loteamento;

EAV = Quantidade de espécies de árvores implantadas nas vias do loteamento;

$\sum N^{\circ} Pav$ = Somatória do número de pavimentos dos edifícios construídos no loteamento.

4.3.4. Periodicidade de Cômputo

Quadrimestral / 04 (quatro) meses.

4.3.5. Categorização

Tabela 3: Categorização do Indicador 03: Biodiversidade e Ecossistema

INDICADOR DE BIODIVERSIDADE E ECOSSISTEMA	ÓTIMO	INDICADOR $\geq 2,5$
	BOM	$2,5 > \text{INDICADOR} \geq 1,75$
	MÉDIO	$1,75 > \text{INDICADOR} > 1,0$
	RUIM	$1,0 \geq \text{INDICADOR}$

4.3.6. Considerações Finais

Pode-se constatar, pela fórmula de cálculo apresentada, que o critério adotado busca avaliar não só a quantidade de árvores empregadas em grandes loteamentos, mas também a heterogeneidade das espécies selecionadas, atribuindo como razão destes dois fatores a somatória do número de pavimentos das edificações construídas no território urbano.

Como já mencionado, optou-se por inserir a variedade das árvores como componente na fórmula de cálculo para garantir a biodiversidade não só da vegetação, mas também dos futuros animais que irão usufruir deste paisagismo, uma vez que diferentes espécies arbóreas atraem hospedeiros, polinizadores e

consumidores diversos. Além disso, as variáveis “quantidade x heterogeneidade” foram submetidas ao denominador “somatória do número de pavimentos dos edifícios construídos” para vincular estas grandezas vegetais a concentração ocupacional momentânea local. Isto é, quanto maior a densidade demográfica e aglomeração predial atingida pelo loteamento em questão, maior deve ser a quantidade de árvores e mais diversas devem ser as espécies selecionadas pelo paisagismo urbano para se obter uma boa ambiência e, conseqüentemente, uma boa nota na categorização final do indicador.

Em complemento, para entendimento pleno e aplicação adequada do parâmetro apresentado, cabe aprofundar acerca das restrições inerentes as variáveis designadas. Isto pois, como o próprio nome sugere, os numeradores Nº AV e EAV referem-se, respectivamente, a quantidade e a variedade de árvores implantadas exclusivamente nas vias públicas dos loteamentos, não sendo contabilizadas, nestas grandezas, as espécies situadas em parques, praças, reservas, lotes privados e demais espaços similares pertencentes ao terreno.

Tais condicionantes foram estabelecidas principalmente devido a dois motivos. O primeiro se refere a premissa de simplificação para possibilitar a utilização e fomentar a disseminação do critério proposto, ideia definida como premissa dessa dissertação. Basicamente, entende-se que quanto mais simples for o indicador, maior será a sua probabilidade de aplicação pelo poder público governamental, e melhor será sua assimilação a curto e longo prazo pela população local. Sendo assim, as dificuldades associadas a contabilização e identificação de árvores concentradas em grandes e densas áreas verdes regionais adicionam ao procedimento de cálculo uma complexidade metodológica considerável e, portanto, indesejada.

O segundo pretexto se dá em função do desequilíbrio que a inclusão dessas áreas na equação provocaria no resultado do indicador, abalando um de seus propósitos primordiais. Isto pois a mensuração sugerida tem também como intuito promover uma distribuição adequada das espécies arbóreas ao longo de todo o perímetro urbano dos loteamentos, disposição esta cuja equidade é

diretamente prejudicada quando contrabalanceada com as grandes concentrações de árvores presentes em parques e reservas. Sendo assim, para garantir uma repartição apropriada da vegetação por toda a extensão do terreno, optou-se por computar apenas as espécies implantadas nas calçadas laterais e canteiros centrais das vias públicas que compõem a malha viária do *MasterPlan* estudado.

Por fim, convém pontuar que, apesar deste fator não ter sido considerado na fórmula de cálculo, devido à complexidade de compatibilização, na construção e desenvolvimento de um Plano de Arborização Viária não é só a quantidade bruta e a heterogeneidade das árvores envolvidas na planta paisagística que determina a qualidade do projeto. Isto porque este planejamento envolve um esforço que abarca diversos outros fatores, tais como, se tratando de sustentabilidade, a predileção do projetista por espécies nativas.

Segundo a Fundação Biodiversitas e a CEMIG (2011), as árvores nativas apresentam um grande potencial de utilização do ponto de vista da sustentabilidade, tanto por suas características de adaptabilidade ao meio quanto por sua capacidade de preservação da biodiversidade, elementos fundamentais para promoção do equilíbrio ambiental. Dessa forma, é primordial que o paisagismo urbano implementado nos loteamentos, além de preocuparem-se com a projeção de uma quantidade adequada e variedade abundante de árvores, preferenciem a adoção de espécies nativas, selecionando árvores típicas do bioma local para comporem os Projetos de Arborização Viária dos grandes assentamentos.

Figura 4: Exemplo de Aplicação - Indicador 03: Biodiversidade e Ecosistema



$$\text{Indicador de Biodiversidade e Ecosistema} = \frac{N^{\circ} AV \times EAV}{\sum N^{\circ} Pav}$$

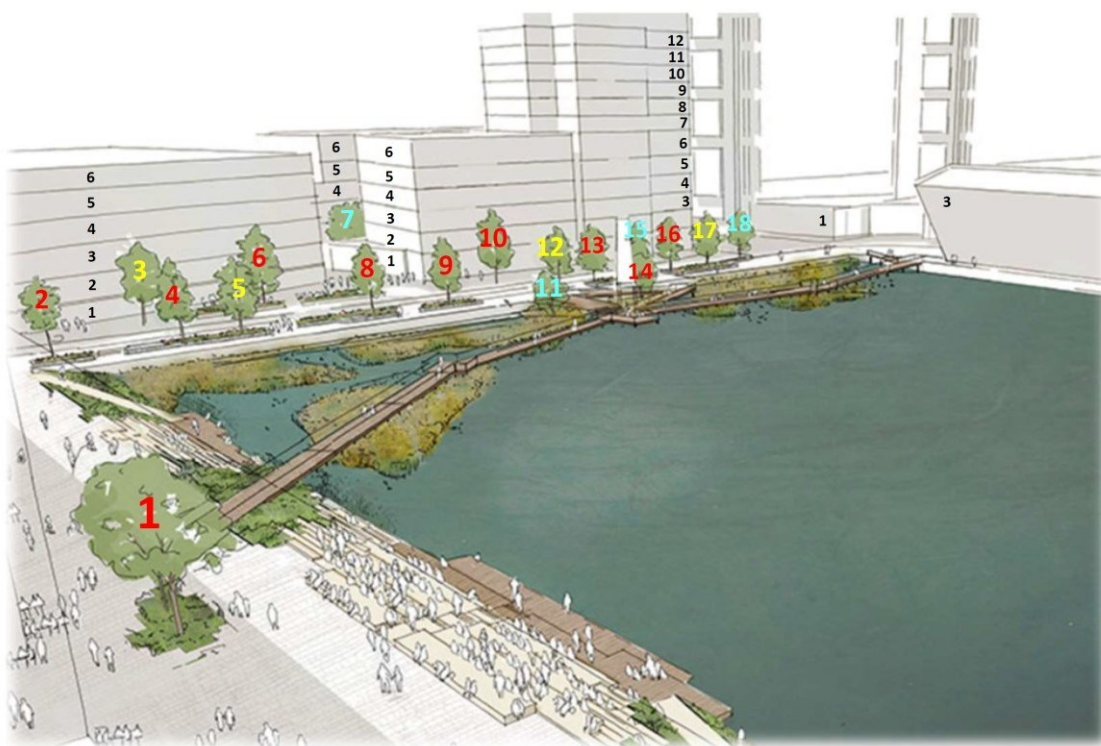
Onde:

 $N^{\circ} AV$ = Número de árvores implantadas nas vias do loteamento;

EAV = Quantidade de espécies de árvores implantadas nas vias do loteamento;

 $\sum N^{\circ} Pav$ = Somatória do número de pavimentos dos edifícios construídos no loteamento.

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = QUADRIMESTRAL / 04 (QUATRO) MESES



● Espécie 1

● Espécie 2

● Espécie 3

Número de árvores = 18

Somatória dos pavimentos = 34

Fonte: Imagem adaptada de TOWNSHEND LANDSCAPE ARCHITECTS
(townshendla.com/projects/canada-water-masterplan-90)

$$\text{Indicador de Biodiversidade e Ecosistema} = \frac{18 \times 3}{34} = 1,59 \quad \text{MÉDIO}$$

INDICADOR DE BIODIVERSIDADE E ECOSISTEMA	ÓTIMO	INDICADOR $\geq 2,5$
	BOM	$2,5 > \text{INDICADOR} \geq 1,75$
	MÉDIO	$1,75 > \text{INDICADOR} > 1,0$
	RUIM	$1,0 \geq \text{INDICADOR}$

4.4. INDICADOR DE CICLOMOBILIDADE E ACESSIBILIDADE

4.4.1. Objetivo

O Indicador de Ciclobilidade e Acessibilidade tem por objetivo mensurar a facilidade de locomoção, a fluidez do deslocamento e o grau de inclusão dos ambientes existentes no perímetro urbano de grandes loteamentos, obtida por meio de características de desenho urbano universal, diversificação da matriz modal de transporte, fornecimento de infraestrutura adequada e emprego de estratégias de fomento e integração diversas.

4.4.2. Justificativa

Atualmente, um dos principais fatores atrelados a qualidade de vida nas cidades refere-se as condições de locomoção e a fluidez do deslocamento urbano local. A sobrecarga da malha viária com consequente geração de longos e constantes engarrafamentos tornou-se um dos principais problemas das grandes metrópoles, obrigando o poder público a investir cada vez mais na diversificação da matriz modal a fim de fornecer uma alternativa ao sistema rodoviário, que se encontra frequentemente abarrotado.

Somado a isto, tem-se a categorização do setor de transportes como um dos principais agentes emissores de gases do efeito estufa em nosso país, o que vai na contramão dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável firmados pela ONU (2015) durante a Agenda 2030. Dessa forma, a elaboração de um indicador capaz de mensurar os padrões de mobilidade local e assegurar a infraestrutura necessária para estimular a diversificação das tipologias de deslocamento em grandes loteamentos torna-se significativo para orientar as diretrizes dos empreendimentos em consonância aos preceitos de sustentabilidade almejados.

O Indicador de Ciclomobilidade e Acessibilidade, contudo, não se limita a estimar unicamente a conjuntura do deslocamento urbano existente no território em estudo, abarcando também questões relacionadas a democratização do espaço público, especialmente para pessoas com deficiência e/ou que apresentem mobilidade reduzida. A temática de inclusão e a busca pela

acessibilidade trata-se nada mais do o cumprimento de um direito presente no Artigo 5º na Constituição Federal, que estabelece a liberdade de ir e vir a todos os cidadãos. Segundo o referido documento, todos tem o direito de chegar confortavelmente a qualquer lugar, independentemente de suas deficiências e/ou dificuldades motoras, devendo as vias e calçadas, portanto, serem livres de barreiras, o mobiliário urbano ser desobstruído de obstáculos e os edifícios públicos, os meios de transporte e de comunicação serem devidamente acessíveis a toda população.

Sumariamente, o Indicador de Ciclomobilidade e Acessibilidade é relevante pois remete a um dos principais problemas enfrentados atualmente pelos grandes centros urbanos em todo mundo, relativo ao deslocamento, e combate um expressivo agente emissor de gases do efeito estufa em nosso país, o setor de transportes. Ademais, tangencia também o campo do compromisso social e da responsabilidade comunitária, buscando garantir a todos o direito de ir e vir, promovendo acessibilidade universal aos cidadãos. Para isso, propõe-se mensurar os paradigmas de deslocamento e acessibilidade de grandes loteamentos a partir da soma dos quantitativos de Quilometragem Linear de Ciclovias (KmL_{CV}) e Calçadas Acessíveis (KmL_{CA}) sobre a Quilometragem Linear Total de Vias (KmL_V).

4.4.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Ciclomobilidade e Acessibilidade} = \frac{100 \times (KmL_{CV} + KmL_{CA})}{3 \times KmL_V}$$

Onde:

KmL_{CV} = Quilometragem linear de ciclovias;

KmL_{CA} = Quilometragem linear de calçadas acessíveis;

KmL_V = Quilometragem linear total de vias.

4.4.4. Periodicidade de Cômputo

Quadrimestral / 04 (quatro) meses.

4.4.5. Categorização

Tabela 4: Categorização do Indicador 04: Ciclomobilidade e Acessibilidade

INDICADOR DE CICLOMOBILIDADE E ACESSIBILIDADE	ÓTIMO	INDICADOR $\geq 85\%$
	BOM	$85\% > \text{INDICADOR} \geq 75\%$
	MÉDIO	$75\% > \text{INDICADOR} \geq 65\%$
	RUIM	$65\% > \text{INDICADOR}$

4.4.6. Considerações Finais

Para compreensão integral da fórmula de cálculo concebida, é importante especificar o significado da variável KmL CA, denominada como “Quilometragem Linear de Calçadas Acessíveis”. Para serem consideradas acessíveis pelo indicador e, portanto, se enquadrarem neste fator da equação, as calçadas devem garantir o caminhar livre, seguro e confortável a todos os cidadãos, oferecendo:

- **Acessibilidade:** Assegurar a completa mobilidade dos pedestres, sejam estes usuários de cadeira de rodas, idosos ou deficientes visuais. Para isso, as inclinações transversais e longitudinais das rampas e faixas devem obedecer ao máximo permitido em legislação, e os passeios devem conter piso tátil direcional, conforme normas da ABNT-NBR 9050/2020 e ABNT-NBR 16537/2018;
- **Largura adequada:** A extensão da calçada deve atender as dimensões mínimas da faixa livre, faixa de acesso e de serviço especificadas em legislação vigente;
- **Fluidez e Continuidade:** Nas calçadas acessíveis, os pedestres devem conseguir andar livremente em velocidade constante, não existindo obstáculos e obstruções ao longo da faixa de trânsito;
- **Segurança:** Os passeios não devem oferecer aos usuários nenhum risco de queda, deslize ou tropeço durante sua utilização.

Dessa forma, apenas se cumprirem os requisitos de acessibilidade definidos por lei, apresentarem largura adequada, fluidez e continuidade

atendendo aos padrões mínimos de segurança, os passeios implantados em grandes loteamentos poderão ser classificados como “acessíveis” e, assim, serem abarcados pela variável de cálculo.

Por fim, a justificativa da multiplicação do denominador Quilometragem Linear Total de Vias (KmL V) pelo fator 3 na equação se dá pelo fato de um logradouro padrão possuir, em sua concepção morfológica básica, dois passeios laterais e uma via central, totalizando três elementos de interesse por perfil viário/seção transversal modal. Estes elementos podem ser ocupados, respectivamente, por Calçadas Acessíveis em ambos os lados (2 CA) e uma Ciclovia no intermédio (1 CV).

Figura 5: Exemplo de Aplicação - Indicador 04: Ciclomobilidade e Acessibilidade



$$\text{Indicador de Ciclomobilidade e Acessibilidade} = \frac{100 \times (\text{KmL CV} + \text{KmL CA})}{3 \times \text{KmL V}}$$

Onde:

KmL CV = *Quilometragem linear de ciclovias;*

KmL CA = *Quilometragem linear de calçadas acessíveis;*

KmL V = *Quilometragem linear total de vias.*

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = QUADRIMESTRAL / 04 (QUATRO) MESES



$$\text{Indicador de Ciclomobilidade e Acessibilidade} = \frac{100 \times (0,375 + 1,380)}{3 \times 0,750} = 78$$

BOM

INDICADOR DE CICLOMIBILIDADE E ACESSIBILIDADE	ÓTIMO	INDICADOR ≥ 85%
	BOM	85% > INDICADOR ≥ 75%
	MÉDIO	75% > INDICADOR ≥ 65%
	RUIM	65% > INDICADOR

4.5. INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

4.5.1. Objetivo

O Indicador de Eficiência Energética tem por objetivo avaliar o nível de disseminação e o resultado da aplicação de tecnologias de controle, da utilização de equipamentos econômicos e do emprego de políticas de promoção do uso consciente da energia, com parecer atrelado principalmente a efetividade das estratégias de gestão energética adotadas por grandes loteamentos urbanos.

4.5.2. Justificativa

Conforme discutido no segundo capítulo desta dissertação, os preceitos associados a ideia de sustentabilidade surgiram a partir da reavaliação da noção de desenvolvimento, precocemente ligada a ideia de crescimento, rompendo com a premissa de ausência de limites para exploração dos recursos naturais. Esta reformulação se fez vital a partir da conscientização acerca da incompatibilidade entre os padrões de produção e consumo da sociedade capitalista industrial com a perspectiva de preservação da espécie.

Diante deste contexto, surgiram diversas tecnologias calçadas na promoção da economia de insumos, difusão do racionamento de recursos e pautadas no aumento da eficiência de sistemas, procedimentos e equipamentos. Paralelamente a estas inovações, emerge também a ideologia dos 6R's, frequentemente associada aos dogmas da sustentabilidade, que prega, de forma genérica, a missão de reduzir, racionalizar, reutilizar, reciclar, revitalizar e revalorizar. Tal ideologia que se refere sobretudo a quatro grandes instâncias, tratando de forma prática dos campos de eficiência energética, do racionamento hídrico, do gerenciamento de resíduos e do ciclo de vida de materiais e insumos.

Adentrando no âmbito da gestão de energia, o presente indicador é relevante para a pauta do desenvolvimento sustentável principalmente se considerarmos que a disseminação de tecnologias associadas ao aproveitamento de fontes de energias renováveis trata-se de uma das formas mais eficientes de se compensar emissões de Carbono, um protagonista quando

se trata de gases do efeito estufa. Segundo dados do Ecycle (2016), a migração de uma base energética calçada em combustíveis fósseis para um sistema de geração baseado em energias limpas evitou o lançamento de cerca de 1,5 gigatoneladas de CO₂ na atmosfera durante o ano de 2014, por exemplo, o que estimulou a aplicação financeira, no ano seguinte, de aproximadamente US\$ 286 bilhões em matrizes alternativas. Frente a este investimento, estima-se que cerca de 90% das novas energias geradas globalmente no ano de 2015 provieram de fontes renováveis, encabeçadas majoritariamente pela energia solar, por biocombustíveis e pela matriz eólica.

Os principais impactos da geração de energia elétrica a partir de derivados do petróleo decorrem da emissão de poluentes na atmosfera, principalmente o Dióxido de Carbono (CO₂), o Metano (CH₄) e o Óxido Nitroso (N₂O). Segundo informações da ANEEL (2005), em plantas termelétricas, destaca-se também a produção de Dióxido de Enxofre (SO₂), além do chamado material particulado, constituído de pós e cinzas em suspensão presente nos gases emitidos durante o processo. Além de alterações na biodiversidade local, esses poluentes provocam diversos males à saúde humana, tais como distúrbios respiratórios, alergias, lesões degenerativas no sistema nervoso e em órgãos vitais, dentre outros sintomas (PFLUCK, 2010). Cabe ressaltar, ainda, que os malefícios decorrentes da utilização dos derivados de petróleo como fonte energética afetam também, em larga escala, o ambiente marinho, desequilibrando o ecossistema existente sobretudo nas áreas próximas de onde ocorre a extração.

Tratando da energia solar, matriz infinita e renovável, ela se refere, como o próprio nome sugere, a energia proveniente da radiação e do calor emitidos pelo Sol. Esta fonte pode ser aproveitada tanto de forma fotovoltaica quanto térmica, gerando energia elétrica ou termal, respectivamente, dependendo do processo efetuado. Por ser considerada uma matriz limpa, a fonte solar é uma das alternativas mais promissoras para obtenção de energia, tendo como interface primordial de captação os painéis fotovoltaicos e as placas heliotérmicas. Estes sistemas convertem diretamente a radiação solar em energia elétrica, por meio de células fotovoltaicas, ou aquecem a água de

instalações a partir da reflexão e concentração da radiação em receptores líquidos. De uma forma ou de outra, são estruturas essenciais para possibilitar a exploração da fonte energética de interesse, que servem de base para elaboração do presente indicador.

Baseando-se nas discussões apresentadas e objetivando contribuir para a consolidação da matriz solar como uma das principais frentes de energia renovável no mundo, propõe-se a aferição das competências de gestão energética de loteamentos urbanos a partir do cálculo da porcentagem de edifícios que realizam sua captação e aproveitamento mediante a utilização de painéis fotovoltaicos e/ou heliotérmicos, em comparação ao número total de edifícios implantados nos grandes assentamentos.

4.5.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Eficiência Energética} = \frac{100 \times N^{\circ} \text{ EES}}{N^{\circ} \text{ Edif}}$$

Onde:

Nº EES = Número de edifícios com sistema de aproveitamento de energia solar;

Nº Edif = Número total de edifícios construídos no loteamento.

4.5.4. Periodicidade de Cômputo

Quadrimestral / 04 (quatro) meses.

4.5.5. Categorização

Tabela 5: Categorização do Indicador 05: Eficiência Energética

INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	ÓTIMO	INDICADOR ≥ 75%
	BOM	75% > INDICADOR ≥ 60%
	MÉDIO	60% > INDICADOR ≥ 40%
	RUIM	40% > INDICADOR

4.5.6. Considerações Finais

Mantendo a coerência de prezar pela simplificação da fórmula e facilitação da metodologia de cálculo dos indicadores, cabe destacar que se optou por direcionar a análise para a tônica de energias renováveis não só pela relevância do tema no que diz respeito à sustentabilidade, mas também por este recurso permitir uma contabilização mais prática e otimizada. Além disso, a apuração da proporção de edifícios que fazem uso de energia solar renovável sob o total de imóveis construídos em grandes loteamentos permite uma análise privilegiada da conjuntura de gestão de energia sob uma perspectiva generalizada e simultânea de toda a área de atuação dos projetos.

Por fim, há de se destacar que o foco de apuração da métrica de cômputo do Indicador de Eficiência Energética pode e deve variar em função das condições climáticas e ambientais locais. Isto é, a depender do contexto geográfico, meteorológico e natural do terreno de inserção do empreendimento, torna-se pertinente considerar uma amplificação da abrangência da fórmula de cálculo, objetivando contemplar edificações com sistemas de aproveitamento baseados em outras matrizes energéticas renováveis, que não somente a fonte solar. Dentre estas, pode-se citar a matriz eólica, geotérmica e a oceânica, bem como as tecnologias de exploração da energia proveniente de matéria orgânica (biomassa).

Figura 6: Exemplo de Aplicação - Indicador 05: Eficiência Energética



$$\text{Indicador de Eficiência Energética} = \frac{100 \times N^{\circ} \text{ EES}}{N^{\circ} \text{ Edif}}$$

Onde:

$N^{\circ} \text{ EES}$ = Número de edifícios com sistema de aproveitamento de energia solar;

$N^{\circ} \text{ Edif}$ = Número total de edifícios construídos no loteamento.

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = QUADRIMESTRAL / 04 (QUATRO) MESES



Fonte: Imagem adaptada de MIRALLES TAGLIABUE EMBT (mirallestagliabue.com/project/masterplan-for-kodrina-complex)

01 Edifícios com aproveitamento de energia solar = 6

02 Edifícios "comuns" = 6

$$\text{Indicador de Eficiência Energética} = \frac{100 \times 6}{12} = 50$$

MÉDIO

INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	ÓTIMO	INDICADOR $\geq 75\%$
	BOM	$75\% > \text{INDICADOR} \geq 60\%$
	MÉDIO	$60\% > \text{INDICADOR} \geq 40\%$
	RUIM	$40\% > \text{INDICADOR}$

4.6. INDICADOR DE RACIONAMENTO HÍDRICO

4.6.1. Objetivo

O Indicador de Racionamento Hídrico tem por objetivo analisar o nível de disseminação e o resultado da aplicação de tecnologias de controle, da utilização de equipamentos econômicos e do emprego de políticas de promoção do uso consciente da água, com parecer atrelado principalmente a efetividade das estratégias de gestão hídrica adotadas por grandes loteamentos.

4.6.2. Justificativa

Seguindo a mesma vertente do parâmetro anterior, o Indicador de Racionamento Hídrico está também diretamente relacionado com os preceitos da sustentabilidade discutidos na revisão bibliográfica deste trabalho, sobretudo no que diz respeito aos princípios de preservação de insumos, surgido após o reconhecimento dos limites para exploração dos recursos naturais. A pauta de ambos os critérios é fruto da assimilação da interdependência existente entre desenvolvimento e meio ambiente, uma vez que tanto a temática da eficiência energética quanto o tópico de gestão da água tangenciam concomitantemente a esfera social, econômica e ambiental da sustentabilidade.

Adentrando propriamente no âmbito do racionamento hídrico, o presente indicador é relevante para a pauta do desenvolvimento sustentável primordialmente se considerarmos que, segundo estimativas da ONU (2016), já no ano de 2025 dois terços da população mundial irá sofrer por escassez hídrica. As projeções da 4ª edição do Relatório de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos revelam ainda que, até 2030, ocorrerá um aumento de cerca de 50% na demanda por água no mundo, ao passo que, no Brasil, mais de 90% dos esgotos domésticos e cerca de 70% dos efluentes industriais não tratados são despejados em fontes de água potável, tais como rios e lagos, fontes estas que representam somente 0,02% do montante total de água existente no planeta.

Diante deste cenário e, sendo a água um recurso primordial para sobrevivência e manutenção da espécie, torna-se crucial elaborar um indicador

capaz de aprimorar a gestão da água em grandes loteamentos. Esta métrica vai de encontro com o princípio primordial da sustentabilidade, previamente discutido e pioneiramente mencionado no Relatório de Brundtland (1987), referente a promoção do desenvolvimento pautado na preservação das condições adequadas para sobrevivência das gerações futuras.

A análise da gestão da água ao longo da fase de implantação, operação e expansão de grandes loteamentos pode se dar de diversas maneiras, podendo se basear substancialmente na tarifa média da conta de água dos edifícios, por exemplo, ou partir da contabilização de instalações que fazem uso de dispositivos hidráulicos economizadores de água, tais como arejadores de torneiras, equipamentos sanitários com duplo botão de acionamento ou instalações com sistema de reuso de águas cinzas. Contudo, baseando-se novamente na ideologia de simplificação para possibilitar a utilização e fomentar a disseminação do indicador, e buscando ainda traçar um paralelo modular com o parâmetro de Eficiência Energética previamente descrito (estratégia que tem também como intuito a padronização e consequente facilitação do processo), propõe-se a avaliação dos padrões de administração da água de novos assentamentos urbanos a partir do levantamento da porcentagem total de edifícios que fazem uso de tecnologias de captação, reuso e aproveitamento de águas de chuva no interior do perímetro dos empreendimentos.

4.6.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Racionamento Hídrico} = \frac{100 \times N^{\circ} \text{ EAP}}{N^{\circ} \text{ Edif}}$$

Onde:

Nº EAP = Número de edifícios com sistema de aproveitamento de águas pluviais;

Nº Edif = Número total de edifícios construídos no loteamento.

4.6.4. Periodicidade de Cômputo

Quadrimestral / 04 (quatro) meses.

4.6.5. Categorização

Tabela 6: Categorização do Indicador 06: Racionamento Hídrico

INDICADOR DE RACIONAMENTO HÍDRICO	ÓTIMO	INDICADOR $\geq 65\%$
	BOM	$65\% < \text{INDICADOR} \leq 50\%$
	MÉDIO	$50\% > \text{INDICADOR} \geq 35\%$
	RUIM	$35\% > \text{INDICADOR}$

4.6.6. Considerações Finais

Amparando a métrica de cômputo proposta, há de se destacar que as ABNT's NBR's 15527/2019 e 10844/1989 fornecem os requisitos para implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em coberturas e áreas urbanas para fins não potáveis, devendo os edifícios que optarem por esta solução se basearem nas referidas normas técnicas para construção e instalação de seus sistemas de reuso. Estes dispositivos geralmente são compostos por uma área impermeabilizada de captação (telhados e coberturas), calhas e condutores verticais, filtro autolimpante e reservatório de descarte da água de limpeza (água da primeira chuva), além de reservatório de armazenamento e tratamento (cisterna).

Para cumprimento do que é estabelecido em lei, uma cisterna pertencente a um sistema predial de aproveitamento de água pluvial deve conter, basicamente:

1. Filtro para remoção de detritos com conceito de autolimpeza;
2. Freio d'água para impedir o turbilhonamento de partículas decantadas e oxigenar o fundo do reservatório;
3. Sifão ladrão para extravasamento do excesso e evitar a entrada de animais e odores;
4. Boia de sucção para absorção da água na região mais limpa do reservatório.

Ademais, pode-se notar que, na categorização proposta, a exigência quanto aos percentuais mínimos de edifícios com sistemas de captação de águas pluviais é menor quando comparada a proporção sugerida de instalações com dispositivos de aproveitamento de energia solar. Isto se dá em função da tecnologia de painéis fotovoltaicos/heliotérmicos ser mais difundida no mercado da construção civil brasileiro em comparação aos mecanismos de exploração da água das chuvas, além de geralmente mais rentáveis e com menor tempo de retorno financeiro. Por fim, convém ressaltar que, para serem contabilizados nas respectivas fórmulas de cálculo, tanto as placas solares quanto os dispositivos de captação de águas pluviais devem estar em plenas condições de eficiência e funcionamento, estado este que deve ser garantido mediante a realização de manutenções periódicas e constantes nos equipamentos por mão de obra especializada.

Figura 7: Exemplo de Aplicação - Indicador 06: Racionamento Hídrico



$$\text{Indicador de Racionamento Hídrico} = \frac{100 \times N^{\circ} \text{ EAP}}{N^{\circ} \text{ Edif}}$$

Onde:

$N^{\circ} \text{ EAP}$ = Número de edifícios com sistema de aproveitamento de águas pluviais;

$N^{\circ} \text{ Edif}$ = Número total de edifícios construídos no loteamento.

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = QUADRIMESTRAL / 04 (QUATRO) MESES

Fonte: Imagem adaptada de MIRALLES TAGLIABUE EMBT
(mirallestagliabue.com/project/masterplan-for-kodrina-complex)



01 Edifícios com aproveitamento de águas pluviais = 5

02 Edifícios "comuns" = 5

$$\text{Indicador de Racionamento Hídrico} = \frac{100 \times 5}{10} = 50$$

BOM

INDICADOR DE RACIONAMENTO HÍDRICO	ÓTIMO	INDICADOR $\geq 65\%$
	BOM	$65\% < \text{INDICADOR} \leq 50\%$
	MÉDIO	$50\% > \text{INDICADOR} \geq 35\%$
	RUIM	$35\% > \text{INDICADOR}$

4.7. INDICADOR DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

4.7.1. Objetivo

O Indicador de Reaproveitamento de Resíduos tem por objetivo avaliar a forma como é feito o gerenciamento, o controle e a logística associada aos resíduos sólidos urbanos produzidos por grandes loteamentos durante a fase de implantação, operação e expansão dos empreendimentos. Busca-se investigar o ciclo de vida dos componentes com foco na destinação final do lixo, incentivando políticas de coleta seletiva, reciclagem, reuso e compostagem.

4.7.2. Justificativa

Conforme mencionado na revisão bibliográfica deste trabalho, segundo Degani e Cardoso (2002), a Agenda 21 consolida a ideia de que o desenvolvimento e a conservação do meio ambiente devem constituir um binômio indissolúvel, promovendo a ruptura do padrão tradicional de crescimento econômico e tornando compatíveis as duas grandes aspirações da atualidade: o direito ao desenvolvimento, sobretudo para os países que permanecem em patamares insatisfatórios de renda e de riqueza, e o direito ao usufruto da vida em ambiente saudável pelas futuras gerações. Sendo assim, para ser categorizado com um bom desempenho ambiental, um empreendimento deve buscar minimizar (ou até eliminar) seus impactos negativos sobre o meio ambiente e usuários.

Contudo, abordagens tais quais a da empresa Doerr Architecture (2002) evocam a ideia de que todo projeto requer mudanças nos sistemas naturais preexistentes, além de gerar resíduos e demandar consumo de energia e de insumos. Por conseguinte, um empreendimento totalmente “verde” não seria possível. Entretanto, esta vertente esclarece que, apesar da limitação inerente, toda iniciativa apresenta-se como uma oportunidade (ou até mesmo uma responsabilidade) para aperfeiçoamento do desempenho ambiental de empreendimentos, estando o desafio da sustentabilidade atrelado a forma com que são obtidos os recursos e as estratégias traçadas para alcance de seu aproveitamento máximo, considerando, sobretudo, a eliminação do desperdício

(DEGANI & CARDOSO, 2002). Esta concepção está diretamente associada a ideologia dos 6R's¹, mencionada previamente, concernente principalmente aos campos da eficiência energética, do racionamento hídrico, do ciclo de vida de materiais e insumos e do gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), sendo este último o âmbito de desenvolvimento do presente indicador.

A partir da implementação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada por meio da Lei nº 305, de 02 de agosto de 2010, a promoção da destinação correta do lixo tornou-se obrigação, e o gerenciamento adequado dos resíduos passou de necessidade a solução. A Lei determina que todo material produzido por atividades domésticas e comerciais passível de coleta pelos serviços públicos de limpeza urbana deve ser encaminhado para a destinação final apenas quando não é mais possível seu reaproveitamento, seja por meio da reciclagem, da reutilização, da compostagem ou mediante a geração de energia. Dessa forma, segundo a legislação, uma gestão eficiente dos resíduos deve garantir o máximo de reaproveitamento e de reciclagem quanto possível, minimizando, assim, a geração de rejeitos.

Tratando da reciclagem, esta prática pode ser definida como o conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo mercantil produtivo. Segundo o Inciso XIV do Artigo 3º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/10), reciclagem é:

[Art. 3º] “o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA e, se couber, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária – SNVS e do Sistema Unificado de Atenção a Sanidade Agropecuária – SUASA”.

¹ A ideologia dos 6R's, frequentemente associada aos dogmas da sustentabilidade, prega, de forma genérica, a missão de reduzir, racionalizar, reutilizar, reciclar, revitalizar e revalorizar.

Aprofundando neste tema, dados divulgados pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA (AMARAL & RODRIGUES, 2018) revelam que, de todo lixo produzido atualmente no país, cerca de 30% têm potencial para reciclagem, contudo, apenas 3% deste montante passa efetivamente por este procedimento. Adentrando no âmbito da sustentabilidade, este dado é alarmante, visto que a reinserção daquilo dado como inútil no circuito de mercado resulta em diversas vantagens econômicas (a partir do barateamento do processo de fabricação), ambientais (mediante a diminuição da extração de matéria prima e redução dos quantitativos de resíduos descartados no meio) e sociais (considerando a geração de empregos em cooperativas e remanejamento do ofício de catadores em lixões) para a sociedade.

Objetivando contribuir para uma alteração deste panorama, o Indicador de Reaproveitamento de Resíduos proposto busca, portanto, mensurar a qualidade da forma de tratamento para com os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) produzidos por grandes loteamentos, a partir da quantificação da parcela de lixo gerada que será efetivamente reciclada nestes locais. Entende-se que, para alcançar a alcunha de sustentável, a preocupação com relação a forma com que será feita a destinação final dos resíduos gerados pela população futura dos assentamentos é fundamental, sendo as práticas de registro, acompanhamento e controle atreladas a produção de lixo premissas fundamentais para aplicação correta do presente indicador.

4.7.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Reaproveitamento de Resíduos} = \frac{100 \times RSU\ RD}{RSU\ RV}$$

Onde:

RSU RD = Peso do montante total de Resíduos Sólidos Urbanos reciclados mensalmente no loteamento;

RSU RV = Peso do montante total de Resíduos Sólidos Urbanos recicláveis produzidos mensalmente no loteamento;

4.7.4. Periodicidade de Cômputo

Mensal / 01 (um) mês.

4.7.5. Categorização

Tabela 7: Categorização do Indicador 07: Reaproveitamento de Resíduos

INDICADOR DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	ÓTIMO	INDICADOR = 100%
	BOM	100% > INDICADOR ≥ 90%
	MÉDIO	90% > INDICADOR ≥ 75%
	RUIM	75% > INDICADOR

4.7.6. Considerações Finais

Resíduos Sólidos Urbanos Recicláveis (RSU RV) podem ser caracterizados como todo e qualquer material descartado passível de reinserção no ciclo produtivo mercantil por meio da aplicação de técnicas de reciclagem, retardando, assim, seu descarte final e prolongando sua vida útil. Esta especificação se faz necessária pois nem todo o lixo gerado hoje no Brasil pode ser reciclado, devido ao fato de não haver tecnologia suficiente no país para realizar determinados procedimentos.

Percebe-se que, como esta variável está diretamente atrelada ao nível de desenvolvimento científico regional, sua abrangência é oscilante, visto que, quanto mais o setor de gerenciamento de resíduos evoluir tecnologicamente, maior a classe de lixo que poderá ser categorizada como “reciclável” e, consequentemente, maior será o volume de RSU RV gerado mensalmente pelo loteamento. Conclui-se também que, como o numerador da fórmula de cálculo é composto pelo montante total de resíduos que serão de fato reciclados nos assentamentos (RSU RD), quando mais tipos de resíduos forem recicláveis, maior deverá ser o volume total de lixo efetivamente reciclado mensalmente no local para manutenção prolongada de uma boa categorização do indicador.

Ademais, conforme mencionado previamente, para implementação adequada do parâmetro proposto, é desejável que haja um acompanhamento

rigoroso com relação ao lixo produzido pelos empreendimentos, de forma que os dados, concernentes a composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos oriundos dos grandes loteamentos, sejam coletados de forma periódica, regular e frequente. Este controle é essencial para obtenção dos quantitativos e conhecimento das variáveis que serão empregadas na equação, e a atribuição de sua existência como pré-requisito para possibilitar o cálculo do indicador também é uma forma de garantir uma boa gestão dos resíduos ao longo da fase de implantação, operação e expansão dos projetos investigados. Contudo, cabe ressaltar que, caso este acompanhamento recorrente não seja viável, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS – Lei nº 305/10) estimou que cerca de 30% da massa total de lixo produzido no Brasil no ano de 2010 era passível de reciclagem, sendo este um dado que pode ser empregado, inicialmente, como base de cálculo.

Por fim, é importante destacar que a reciclagem se trata de um procedimento faseado que requer a execução correta de uma série de etapas prévias para que seja devidamente efetuado. Este processo se inicia nas práticas cotidianas domiciliares, a partir da separação do lixo, envolvendo também, por conseguinte, serviços de coleta seletiva. Posteriormente, os resíduos discriminados são encaminhados as cooperativas de triagem e, após segregação, o material é prensado e vendido para empresas recicladoras. A vinculação do Indicador de Reaproveitamento de Resíduos ao produto deste processo (representado pela porcentagem total de resíduos reciclados nos loteamentos) se deu, portanto, a fim de garantir a execução adequada de cada uma das etapas precedentes supracitadas, dado que qualquer anomalia nas fases preliminares resulta em prejuízos no resultado final do indicador.

Figura 8: Exemplo de Aplicação - Indicador 07: Reaproveitamento de Resíduos



$$\text{Indicador de Reaproveitamento de Resíduos} = \frac{100 \times RSU\ RD}{RSU\ RV}$$

Onde:

RSU RD = *Peso do montante total de Resíduos Sólidos Urbanos reciclados mensalmente no loteamento;*

RSU RV = *Peso do montante total de Resíduos Sólidos Urbanos recicláveis produzidos mensalmente no loteamento;*

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = MENSAL / 01 (UM) MÊS

$$\text{Indicador de Reaproveitamento de Resíduos} = \frac{100 \times 920}{1.300} = 70,77 \quad \text{MÉDIO}$$



Fonte: Imagem adaptada de OMA (archdaily.com.br/928723/oma-divulga-projeto-de-masterplan-educacional-em-dubai)

INDICADOR DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	ÓTIMO	INDICADOR = 100%
	BOM	100% > INDICADOR ≥ 90%
	MÉDIO	90% > INDICADOR ≥ 75%
	RUIM	75% > INDICADOR

4.8. INDICADOR DE MATERIAIS E INSUMOS

4.8.1. Objetivo

O Indicador de Materiais e Insumos tem por objetivo mensurar e estimular a adoção de materiais de construção ecológicos e menos nocivos ao meio ambiente, buscando aferir a rastreabilidade dos recursos e garantir um estágio avançado de sustentabilidade na cadeia de fornecedores de matéria prima para as obras atreladas a implantação de grandes loteamentos urbanos.

4.8.2. Justificativa

Para ser efetiva, a sustentabilidade deve ser pensada durante todo o ciclo de vida de um empreendimento, devendo seu planejamento iniciar-se na fase de concepção, perdurar-se durante o período de implantação, construção, uso e operação, ser almejada no decorrer da manutenção e fazer-se ainda presente no momento final de desfecho e demolição. Este raciocínio pode ser replicado tanto quando tratamos da sustentabilidade conjunta de um ou mais edifícios, quanto na ocasião em que lidamos individualmente com os recursos que serão empregados para a sua construção.

Diante deste contexto, surge o conceito de rastreabilidade dos materiais, referente a capacidade de conhecer todo o caminho de uma determinada matéria-prima, desde sua origem até o seu destino final. Surgem também os estudos de Análise do Ciclo de Vida (ACV) dos produtos, que buscam avaliar e quantificar os impactos ambientais associados a uma mercadoria ou processo do berço ao túmulo, ou seja, desde a sua extração até seu uso e descarte final.

Do ponto de vista da sustentabilidade, identificar, calcular e minimizar estes impactos é fundamental, visto que um edifício só pode ser considerado efetivamente sustentável se os elementos e materiais que o compõem também puderem ser caracterizados como tal; isto é, se provierem de fontes confiáveis, preferencialmente renováveis e derivarem de processos que busquem ocasionar o mínimo de interferência no ambiente quanto possível. Ampliando a escala de análise para perspectiva de grandes loteamentos, entende-se,

consequentemente, que um assentamento só poderá carregar a alcunha de “sustentável” se os edifícios e construções que o integrarem também partilharem desta mesma atribuição. Sendo assim, a criação de um indicador que busque estimular a adoção de recursos com baixo impacto atrelado, direcionando a escolha da matéria-prima construtiva para uma opção ambientalmente mais saudável, associada a processos de fabricação menos degradantes, torna-se capital para alcance do objetivo primordial deste trabalho.

Para elaboração do indicador pretendido, contudo, a abordagem acerca da sustentabilidade dos materiais pode partir de diversas iniciativas, focando desde a aplicação e disseminação de concretos sustentáveis (produzido mediante a substituição de frações de cimento, areia ou brita por ingredientes reciclados) até a adoção e divulgação de técnicas e preceitos da arquitetura vernacular. Considerando esta gama variada de alternativas, optou-se, enfim, por concentrar a apuração do critério em questão na procedência e credibilidade da madeira quando usada como recurso construtivo, vinculando a fórmula de cálculo do indicador com um processo globalmente conceituado de legitimação e credenciamento da origem deste material.

Tanto no Brasil quanto no mundo, o *Forest Stewardship Council* – FSC é a certificação verde de madeiras mais conhecida e difundida, com presença em mais de 75 países e atuação em todos os continentes. A autenticação é derivada do Conselho de Manejo Florestal, uma organização não governamental e sem fins lucrativos criada no início da década de noventa para contribuir com a promoção do uso racional e não predatório de florestas, identificando, mediante sua logomarca, produtos oriundos do bom manejo florestal.

A madeira certificada conta com um selo ou documento de procedência florestal que atesta a fonte da matéria-prima, garantindo a legalidade e o cumprimento da legislação durante todo o processo comercial. O objetivo é assegurar que a madeira que será utilizada na confecção de estruturas, pisos, batentes, esquadrias, dentre outros; seja oriunda de um processo produtivo que foi submetido a um manejo sustentável, orientando o consumidor na hora da

compra para escolha consciente de uma mercadoria diferenciada de alto valor agregado.

Para certificação das madeiras, utiliza-se como critérios principais o respeito aos direitos trabalhistas e sociais (dado os registros recentes da presença de mão de obra escrava neste setor), a legalidade na forma de extração dos insumos e os cuidados com as comunidades situadas próximas as florestas afetadas. Os parâmetros do selo, portanto, baseiam-se em questões ambientais, sociais e econômicas da atividade florestal, visando garantir o uso consciente e sustentável dos recursos naturais.

Atualmente, existem três tipos/modelos de certificação FSC, sendo estes: o FSC 100%, que garante que a madeira de determinado produto é totalmente certificada; o FSC Misto, o qual permite a composição de até 30% de lenho não certificado na mercadoria; e o FSC Reciclado, que é aplicado a peças criadas a partir de outros certificados. Depois de concedido o selo, a empresa reconhecida é auditada anualmente para verificação da continuidade de cumprimento de todos os critérios previamente analisados, tendo a licença emitida uma validade máxima de 5 anos. Dessa forma, devido a sua representatividade, difusão e credibilidade no mercado, o selo FSC 100% é, portanto, a certificação ambiental de florestas escolhida como base para formulação do presente indicador.

4.8.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Materiais e Insumos} = \frac{100 \times \sum \text{Vol MC FSC}}{\sum \text{Vol MC Total}}$$

Onde:

Vol MC FSC = Volume de madeira de construção empregada com certificação FSC 100% no loteamento;

Vol MC Total = Volume total de madeira de construção empregada no loteamento;

4.8.4. Periodicidade de Cômputo

Quadrimestral / 04 (quatro) meses.

4.8.5. Categorização

Tabela 8: Categorização do Indicador 08: Materiais e Insumos

INDICADOR DE MATERIAIS E INSUMOS	ÓTIMO	ÓTIMO $\geq 75\%$
	BOM	$75\% > \text{INDICADOR} > 50\%$
	MÉDIO	$50\% \geq \text{INDICADOR} > 25\%$
	RUIM	$25\% \geq \text{INDICADOR}$

4.8.6. Considerações Finais

A exemplo dos parâmetros previamente apresentados, para compreensão e cômputo adequado do Indicador de Materiais e Insumos, torna-se essencial definir qual porção de material pode ser categorizado como “madeira de construção empregada no loteamento”, variável presente tanto no denominador quanto no numerador da fórmula de cálculo. Dessa forma, a Madeira de Construção (MC) pode ser caracterizada como todo e qualquer volume de lenho utilizado na edificação do imóvel, aplicado em um estágio prévio a ocupação, excluindo, portanto, os móveis e a mobília. Compreende peças fixas de tamanhos e formatos variados cujas funções envolvem desde a estruturação ao revestimento do edifício. Aprofundando nesta definição, contabilizam-se como Madeiras de Construção (MC):

- Peças integrantes do sistema estrutural, tais como formas, vigas, pilares e estacas de fundação;
- Mecanismos de vedação e divisória, a exemplo de placas MDF (*Medium Density Fiberboard*, ou placa de fibra de média densidade), compensados OSB (*Oriented Strand Board*, ou placa de vertente orientada), aglomerados MDP (*Medium Density Particleboard*, ou aglomerado de densidade média), guarda corpos, corrimãos, dentre outros;

- Componentes de telhado e estruturas de sustentação e cobertura, englobando tesouras, terças, caibros, ripas etc.;
- Madeiras de envoltória e revestimento, empregadas na composição de pisos, forros, acabamentos e rodapés;
- Peças de esquadrias, utilizadas na composição de portas e janelas (batentes, folhas, guarnição, travessas, venezianas etc.);
- Demais estruturas externas e/ou internas fixas de madeira com função primitiva no edifício, tais como pórticos, pergolados, escadas, deques, brises etc.

Optou-se por excluir do processo de cômputo os componentes móveis e os utensílios de mobília pois, apesar de muito presentes no cotidiano e comumente fabricados com madeira, estes objetos estão relacionados a fase de uso e ocupação dos edifícios, e vinculam-se a predileção e autonomia de cada indivíduo. Dessa forma, estabelecer tal prescrição poderia decorrer em complicações em uma fase posterior de habitação, além de ir na contramão da premissa de simplificação do indicador, por associar seu processo de cálculo a escolhas individuais de futuros usuários que fogem do abarcamento e controle das deliberações inerentes a fase de projeto. Contudo, cabe ressaltar que esta exclusão não impede a realização de campanhas posteriores de conscientização para aquisição e utilização de mobiliário com fornecedor credenciado, cujas peças são devidamente certificadas e a madeira possua a rastreabilidade necessária, premissas compatíveis com os ideais de sustentabilidade dos grandes loteamentos a que se voltam esta dissertação.

Ademais, convém destacar que a variável de cálculo presente no numerador da equação ($Vol\ MC\ FSC$) se refere a tipologia do selo classificada como “FSC 100%”, não contabilizando peças de lenho com componentes mistos ou reciclados. Estima-se que este produto tenha um valor agregado maior, sendo, em média, 8,5% mais caro do que uma madeira sem histórico de procedência. Contudo, julga-se ser este um preço legítimo a ser desembolsado na busca pela sustentabilidade de todos os níveis da cadeia produtiva do material, mediante a utilização de recursos que incorporam de forma igualitária

os interesses de grupos sociais, ambientais e econômicos envolvidos no delicado e complexo processo de manejo florestal.

Figura 9: Exemplo de Aplicação - Indicador 08: Materiais e Insumos



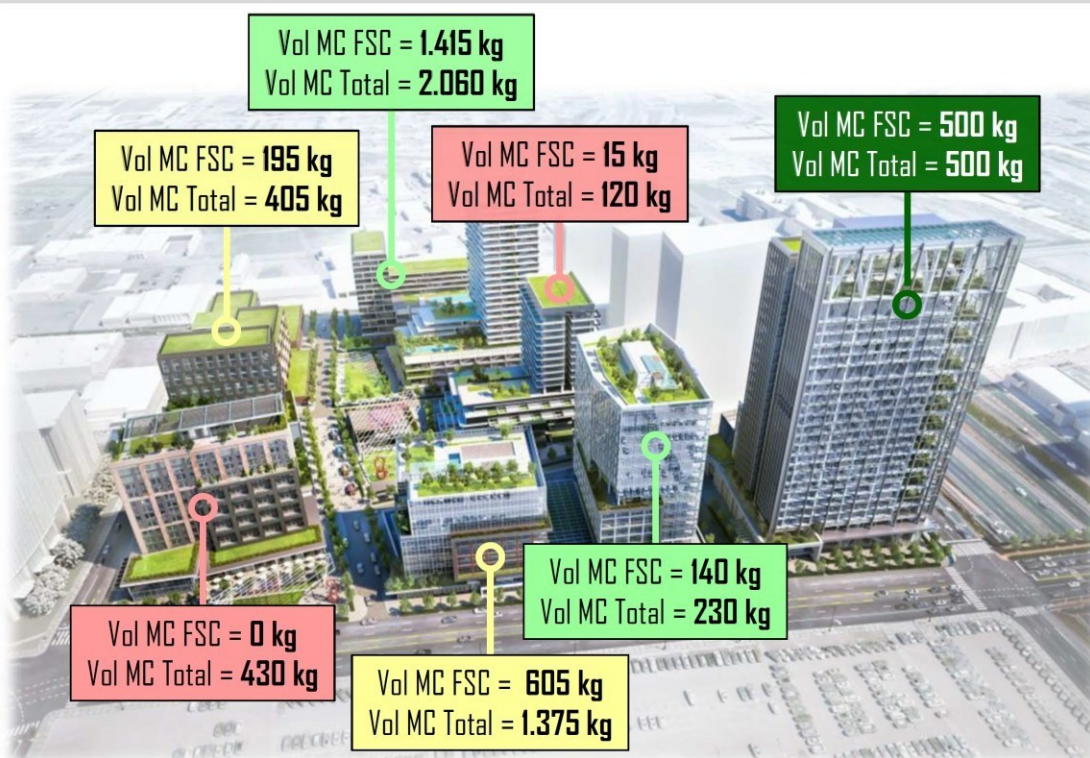
$$\text{Indicador de Materiais e Insumos} = \frac{100 \times \sum \text{Vol MC FSC}}{\sum \text{Vol MC Total}}$$

Onde:

Vol MC FSC = *Volume de madeira de construção empregada com certificação FSC 100% no loteamento;*

Vol MC Total = *Volume total de madeira de construção empregada no loteamento;*

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = QUADRIMESTRAL / Q4 (QUATRO) MESES



Fonte: Imagem adaptada de AE7 (ae7.com/design/markets/master-planning)



$\sum \text{Vol MC FSC} = 2.870 \text{ kg}$



$\sum \text{Vol MC Total} = 5.120 \text{ kg}$

$$\text{Indicador de Materiais e Insumos} = \frac{100 \times 2.870}{5.120} = 56,05$$

BOM

INDICADOR DE MATERIAIS E INSUMOS	ÓTIMO	ÓTIMO ≥ 75%
	BOM	75% > INDICADOR > 50%
	MÉDIO	50% ≥ INDICADOR > 25%
	RUIM	25% ≥ INDICADOR

4.9. INDICADOR DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

4.9.1. Objetivo

O Indicador de Construções Sustentáveis tem por objetivo mensurar os resultados das estratégias de incentivo e as repercussões das deliberações gerenciais de cunho ambiental, estimulando a promoção de políticas de desenvolvimento regional que objetivem direcionar os grandes loteamentos urbanos para um viés sustentável, partindo do âmbito da predileção por determinadas tipologias de uso e características de ocupação do solo local.

4.9.2. Justificativa

Conforme previamente aprofundado na descrição do Indicador de Materiais e Insumos, para um empreendimento carregar a alcunha de sustentável, as premissas associadas a este amplo conceito devem ser consideradas e devidamente inseridas em todas as etapas do projeto, desde seu planejamento e concepção, passando pelas fases de implantação, operação e manutenção até o período final de demolição. Dessa forma, na perspectiva da gestão de uso e ocupação do solo, entende-se que as políticas públicas e as deliberações administrativas são capazes de desempenhar um papel fundamental no direcionamento de grandes assentamentos para alcance de seus ideais ecológicos e princípios de sustentabilidade inicialmente almejados.

Trazendo esta discussão para o âmbito da construção civil, segundo Romanel e Junior (2013), é preciso ao ponderar que essa indústria é notoriamente mais lenta na assimilação de novas tecnologias e na incorporação de premissas sustentáveis, em função principalmente da inércia de seus processos, quase sempre empíricos, que são dependentes de muitos atores em comparação a outros setores de atuação mais dinâmicos. Se analisarmos especificamente o cenário da construção civil brasileira, pode-se afirmar que esta dificuldade (ou até mesmo resistência) em integrar inovações é ainda mais notória, por se basear em um processo construtivo moroso, que carrega traços de uma cultura colonial tradicional, cujas práticas e procedimentos ainda são, em sua maioria, essencialmente artesanais.

Contudo, ao avaliarmos as repercussões que a indústria da construção civil tem sob as esferas ambiental, social e econômica da sustentabilidade, conclui-se que este setor é responsável por um dos maiores e mais relevantes impactos do planeta, seja pela quantidade exacerbada de resíduos que são descartados diariamente, seja pelo uso irracional das jazidas de recursos naturais ou, ainda, pela importante movimentação econômica que gera, associada a produção de trabalho e renda. Segundo levantamento da FIBRA (2017), por exemplo, a construção civil responde por 6,2% do PIB do país. Em termos de estabelecimentos, incluindo empresas e filiais, este setor conta com cerca de 176 mil instalações no Brasil, o que representa 34% do total da indústria nacional.

Paralelamente ao contexto descrito, Benite (2011) e Abreu (2012) afirmam que, a despeito da inegável relevância econômica, o setor da construção civil é reconhecidamente um dos ramos de atividade de maior pegada ecológica do mundo, pois, além de ser responsável pela geração de cerca de 25% de todos os resíduos sólidos, consumir de 17% a 25% de toda a água disponível e ocupar o equivalente a 12% das terras do globo, ainda é a área de atuação que mais extrai insumos do meio natural, o equivalente a 30%. Ademais, atribui-se a esta indústria um consumo de energia na casa dos 40% a 50% do montante total do que é mundialmente gasto, além de responder por cerca de 1/3 das emissões globais de Gases do Efeito Estufa (GEE) e lançar o equivalente a 35% do total de dióxido de carbono (CO₂) que é emitido diariamente na atmosfera (MOURA & SEROA DA MOTTA, 2013).

Perante a este contexto, com vistas a inverter a tendência histórica de desarticulação deste segmento com a causa ambiental, segundo Lucas (2011), foi proposto, em 1994 por Charles Kibert, um novo conceito adaptável as edificações, designado por “construção sustentável”. Esta concepção teve como objetivo introduzir na principal indústria responsável pelo ambiente construído premissas que visam contribuir para a preservação do meio ambiente, mediante o respeito aos recursos naturais em prol do fomento de uma melhor qualidade de vida para o ser humano.

Sabe-se que a definição formal acerca do que se trata o termo “construção sustentável” foi devidamente solidificada durante a Primeira Conferência Internacional sobre Construção Sustentável, realizada em Tampa (Flórida, EUA) no ano de 1994. Neste evento, foi especificado que tal prática se refere, em suma, a “criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, considerando os princípios ecológicos e a utilização eficiente dos recursos”.

Em concordância com Amado, Pinto e Santos (2007), entende-se que este é um tipo de construção que procura responder as necessidades atuais, minimizando os impactos ambientais por meio da concretização de vários objetivos relacionados ao aumento da durabilidade das edificações, a economia de energia, ao racionamento água e de matérias primas, ao emprego de materiais locais reutilizáveis de origem natural e a reciclagem de resíduos associados ao fim da vida útil das construções. Frente a este cenário, buscando construir uma metodologia de aplicação prática que viabilize a incorporação e sistematize a avaliação de diretrizes, técnicas e soluções de sustentabilidade em diferentes vertentes da construção civil, surgem as certificações ambientais de edifícios.

O objetivo principal de um selo sustentável para construções é promover edificações que gerem baixo impacto ambiental durante a obra e vida útil, e que, ao mesmo tempo, garantam a viabilidade econômica dos empreendimentos e o bem-estar e a saúde geral de seus usuários. Neste raciocínio, baseando-se no âmbito da arquitetura e da construção civil, pode-se considerar que um edifício é mais eficiente do que outro se este oferece as mesmas condições de conforto e apresenta uma qualidade ambiental superior ou equivalente, porém ostenta melhor desempenho; isto é, consome menos água, exige um menor gasto de energia, gera um volume inferior de resíduos e demanda um dispêndio reduzido de insumos para viabilizar sua construção, operação e demolição.

Dessa forma, em consonância com os preceitos que englobam o conceito de construção sustentável, buscando ainda garantir uma gestão de uso e ocupação do solo eficiente das atividades desempenhadas e edificações

construídas em grandes loteamentos, propõe-se a construção de um indicador capaz de aferir o percentual de construções sustentáveis implantadas no terreno de intervenção, sob o total de edificações construídas no local. Objetivando reduzir a subjetividade associada a este conceito, planeja-se que a sustentabilidade das edificações seja comprovada mediante a obtenção de certificações ambientais renomadas no mercado da construção civil nacional, conforme detalhado a seguir.

4.9.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Construções Sustentáveis} = \frac{N^{\circ} CS \times 100}{N^{\circ} C}$$

Onde:

Nº CS = Número de construções sustentáveis existentes no loteamento;

Nº C = Número total de construções existentes no loteamento.

4.9.4. Periodicidade de Cômputo

Quadrimestral / 04 (quatro) meses.

4.9.5. Categorização

Tabela 9: Categorização do Indicador 09: Construções Sustentáveis

INDICADOR DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	ÓTIMO	INDICADOR > 50%
	BOM	50% ≥ INDICADOR > 40%
	MÉDIO	40% ≥ INDICADOR ≥ 30%
	RUIM	30% > INDICADOR

4.9.6. Considerações Finais

A exemplo dos demais parâmetros, para compreensão do Indicador de Construções Sustentáveis, é necessário especificar a definição e delimitar a abrangência das variáveis presentes em sua fórmula de cálculo. Conforme descrito, o critério visa mensurar as deliberações vinculadas ao âmbito político-

administrativo de grandes loteamentos, tendo como base o percentual de Construções Sustentáveis existentes no interior desses assentamentos. Como Construções Sustentáveis (CS), entende-se toda e qualquer edificação que demonstre a comprovação de seu alinhamento com os ideais do desenvolvimento sustentável por meio da obtenção de uma ou mais das certificações ambientais listadas abaixo. É importante ponderar, contudo, que novas certificações de sustentabilidade podem e devem ser incorporadas ao processo, à medida que se provarem ecologicamente eficientes e ambientalmente relevantes para alcance dos objetivos almejados pelo presente trabalho.

- Selo LEED BD+C, ID+C, O+M e ND, nas categorias *Certified, Silver, Gold e Platinum*;
- Selo GBC Brasil Casa & Condomínio, nas categorias Verde, Prata, Ouro e Platina, além do Selo GBC Brasil *Zero Energy*;
- Certificado de Alta Qualidade Ambiental (AQUA-HQE), da Fundação Vanzolini;
- Selo PROCEL Edificações ou Etiqueta PBE Edifica, com Classe A (ENCE) para a envoltória (verão e inverno), sistema de iluminação e condicionamento de ar (edifícios comerciais) e sistema de aquecimento de água (edifícios residenciais);
- Selo Casa Azul da CAIXA, para conjuntos habitacionais e habitações de interesse social, nas gradações Bronze, Prata, Ouro e Diamante;
- Certificação BREEAM-BESPOKE, nas categorias *Outstanding, Excellent, Very Good, Good e Pass*.

Figura 10: Exemplo de Aplicação - Indicador 09: Construções Sustentáveis



$$\text{Indicador de Construções Sustentáveis} = \frac{N^{\circ} CS \times 100}{N^{\circ} C}$$

Onde:

 $N^{\circ} CS$ = Número de construções sustentáveis existentes no loteamento; $N^{\circ} C$ = Número total de construções existentes no loteamento.

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = QUADRIMESTRAL / 04 (QUATRO) MESES

Fonte: Imagem adaptada de SURE Architecture (archdaily.com/275441/mixed-used-masterplan-of-yuehaiwanjia-commercial-district-sure-architecture)

01 Edifícios com certificação de sustentabilidade = 11

02 Edifícios "comuns" = 9

$$\text{Indicador de Construções Sustentáveis} = \frac{11 \times 100}{20} = 55 \quad \text{ÓTIMO}$$

INDICADOR DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	ÓTIMO	INDICADOR > 50%
	BOM	50% ≥ INDICADOR > 40%
	MÉDIO	40% ≥ INDICADOR ≥ 30%
	RUIM	30% > INDICADOR

4.10. INDICADOR DE INFORMAÇÃO, COMUNICAÇÃO E TECNOLOGIA

4.10.1. Objetivo

O Indicador de Informação, Comunicação e Tecnologia tem por objetivo avaliar preceitos relacionados a acessibilidade a informação, mensurando a agilidade, assiduidade e confiabilidade dos meios de comunicação atrelados a administração de grandes loteamentos urbanos, direcionando o parecer para o âmbito tecnológico, vinculado a sistemas *on-line* automatizados e mecanismos digitais de divulgação.

4.10.2. Justificativa

Conforme mencionado na revisão bibliográfica desta dissertação, um indicador só é significativo quando se torna um instrumento importante para o direcionamento de políticas públicas, além de uma ferramenta auxiliar fundamental para o processo deliberativo. Segundo Gallopin (1996), para ser representativo, o indicador deve ser relevante tanto para quem toma decisões, quando para o público afetado por estas. Sendo assim, para se tornarem efetivos, os indicadores devem fornecer subsídios para o processo político de governança ambiental, além de serem amplamente divulgados, conhecidos e assimilados pelos agentes do poder público, pela comunidade, público-alvo ou grupo de interesse. A estratégia de simplificação do método de cálculo dos parâmetros, premissa empregada durante a elaboração de todos os indicadores até então apresentados, se justifica, portanto, por esta necessidade capital de fomento a disseminação dos critérios analisados.

Em conformidade com o raciocínio exposto, acredita-se que a maneira mais oportuna de se avaliar a qualidade da informação, a eficiência das formas de comunicação e o estágio tecnológico dos grandes loteamentos é mediante a mensuração do grau de divulgação, frequência de atualização e periodicidade de cômputo dos Indicadores de Sustentabilidade aqui propostos. Isto pois, em uma sociedade cada vez mais digital e automatizada, os sistemas em rede e as plataformas *on-line* se tornaram aliados importantes para propiciarem a agilidade de comunicação, a eficácia e a velocidade de disseminação da informação,

sendo, portanto, fatores interessantes para se medir o nível de apropriação da tecnologia por uma determinada comunidade. Além disso, espera-se que a vinculação da categorização do presente indicador com parâmetros de difusão dos critérios analisados se torne um meio eficiente para garantir o cálculo periódico e a propagação frequente dos dados atrelados a sustentabilidade dos assentamentos, assegurando, assim, a relevância e durabilidade dos indicadores, além da democratização dos dados entre os diversos setores da sociedade.

Propõe-se, portanto, com a métrica de cálculo do Indicador de Informação, Comunicação e Tecnologia, avaliar a constância de apuração e a continuidade de disponibilização dos resultados dos Indicadores de Sustentabilidade de grandes loteamentos previamente elaborados, como forma de garantir a sua relevância e utilidade ao longo do tempo. Espera-se que a responsabilidade pela execução de tal serviço seja atribuída a entidade governamental (local ou regional) diretamente responsável pela gestão do assentamento, seja este órgão o poder público municipal ou estadual, dependendo da escala de abrangência do empreendimento em análise. Esta incumbência pode ser delegada até mesmo a uma instituição privada ou organização não governamental sem fins lucrativos, direta ou indiretamente envolvida com a administração do loteamento, a exemplo de uma associação de bairro, grupo empresarial ou incorporadora responsável pela implantação e operação do local.

4.10.3. Fórmula de Cálculo

$$\text{Indicador de Informação, Comunicação e Tecnologia} = \frac{ACM + RD}{2}$$

Onde:

ACM = Assiduidade de cômputo média anual;

RD Ac = Regularidade de divulgação da atualização completa anual.

4.10.4. Periodicidade de Cômputo

Anual / 12 (doze) meses.

4.10.5. Categorização

Tabela 10: Categorização do Indicador 10: Informação, Comunicação e Tecnologia

INDICADOR DE INFORMAÇÃO, COMUNICAÇÃO E TECNOLOGIA	ÓTIMO	INDICADOR $\geq 99\%$
	BOM	$99\% > \text{INDICADOR} > 90\%$
	MÉDIO	$90\% \geq \text{INDICADOR} > 75\%$
	RUIM	$75\% \geq \text{INDICADOR}$

4.10.6. Considerações Finais

Considerando a fórmula de cálculo exposta, pode-se constatar que o Indicador de Informação, Comunicação e Tecnologia busca mensurar e garantir a propagação dos parâmetros avaliados a partir de dois fatores principais, sendo o primeiro vinculado a assiduidade de cálculo dos indicadores, e o segundo relacionado a regularidade de divulgação dos resultados obtidos. A frequência de levantamento dos parâmetros está atrelada a variável ACM (Assiduidade de Cômputo Média Anual), e a constância de exposição dos dados, por sua vez, está ligada a incógnita RD Ac (Regularidade de Divulgação da Atualização Completa Anual). Para se compreender integralmente o indicador sugerido, é fundamental, portanto, entender a composição dos respectivos fatores, bem como as metodologias de cálculo associadas.

A variável ACM, presente no numerador da equação, busca mensurar a pontualidade de apuração dos dez Indicadores de Sustentabilidade ao longo do período de implantação, operação e expansão de grandes loteamentos e, portanto, está vinculada a periodicidade de cômputo de cada indicador. Pode-se constatar que os parâmetros elaborados possuem intervalos de aferição diversos, que variam de 1 (um), 4 (quatro), 6 (seis) a 12 (doze) meses, dependendo do contexto e atributos da grandeza mensurada. Indicadores que qualificam preceitos da sustentabilidade a partir do número de bairros existentes nos assentamentos, por exemplo, possuem intervalos de levantamento superiores quando comparados a indicadores com sondagem atrelada ao número total de edifícios construídos no local. Sendo assim, as diferentes

frequências de cálculo estabelecidas para os dez Indicadores de Sustentabilidade são:

- Indicador de Planejamento Urbano e Ocupação: Semestral (6 meses);
- Indicador de Qualidade Ambiental Hídrica: Semestral (6 meses);
- Indicador de Biodiversidade e Ecossistema: Quadrimestral (4 meses);
- Indicador de Ciclomobilidade e Acessibilidade: Quadrimestral (4 meses);
- Indicador de Eficiência Energética: Quadrimestral (4 meses);
- Indicador de Racionamento Hídrico: Quadrimestral (4 meses);
- Indicador de Reaproveitamento de Resíduos: Mensal (1 mês);
- Indicador de Materiais e Insumos: Quadrimestral (4 meses);
- Indicador de Construções Sustentáveis: Quadrimestral (4 meses);
- Indicador de Informação, Comunicação e Tecnologia: Anual (12 meses).

Por disporem intervalos de levantamento diversos, a assiduidade de cômputo dos indicadores também é variável. Isto é, se um parâmetro possui períodos de cálculo semestrais, isto significa que este indicador demanda de duas sondagens por ano para contar com uma regularidade de cômputo ideal. Por outro lado, se esta mesma quantidade de levantamentos for executada para um parâmetro com periodicidade de cálculo quadrimestral, a frequência de cômputo deste indicador será insuficiente frente ao que foi previamente estabelecido. Dessa forma, para permitir uma análise adaptável a circunstância de aferição de cada parâmetro, foram gerados Fatores de Periodicidade (FP's) para cada intervalo de sondagem delineado. Assim sendo, os FP's concebidos para os Indicadores de Sustentabilidade são:

- **Indicadores com Periodicidade de Cálculo Mensal:**
FP = 8,33 (pois $12 \times 8,33 = 100\%$);
- **Indicadores com Periodicidade de Cálculo Quadrimestral:**
FP = 33,33 (pois $3 \times 33,33 = 100\%$);
- **Indicadores com Periodicidade de Cálculo Semestral:**
FP = 50,00 (pois $2 \times 50,00 = 100\%$);
- **Indicadores com Periodicidade de Cálculo Anual:**
FP = 100,00 (pois $1 \times 100,00 = 100\%$).

O cálculo da variável ACM, portanto, consiste na averiguação da precisão média de cômputo dos dez Indicadores de Sustentabilidade propostos, a partir da somatória do produto da quantidade de vezes que cada indicador foi levantado anualmente (QAC) pelo Fator de Periodicidade (FP) específico deste parâmetro, e posterior divisão por 10 (número total de indicadores). A equação para se obter a Assiduidade de Cômputo Média Anual (ACM) está apresentada abaixo, e um exemplo de aplicação do Indicador de Informação, Comunicação e Tecnologia é esquematizado na FIGURA 11.

$$ACM = \frac{\sum(QAC \times FP)}{10}$$

Onde:

ACM = Assiduidade de cômputo média anual;

QAC = Quantidade anual de cômputos do indicador;

FP = Fator de periodicidade.

A variável RD Ac, por sua vez, que compreende a segunda incógnita presente no numerador da fórmula de cálculo, objetiva garantir a divulgação constante e completa dos resultados dos indicadores, dados decorrentes do cômputo periódico dos parâmetros previamente assegurado pela variável ACM. Isto pois de nada adianta apenas calcular os indicadores, se os produtos derivados deste levantamento não forem devidamente publicados, amplamente difundidos e assimilados pelo público geral da comunidade, se tornando, assim, ferramentas úteis para os agentes deliberativos e referências interessantes para a população dos loteamentos.

A Regularidade de Divulgação da Atualização Completa Anual (RD Ac), portanto, pode ser obtida por meio da multiplicação da Quantidade Anual de Divulgações Completas (QAD) ocorridas pelo Fator de Periodicidade (FP) fixo equivalente a 8,33. A fórmula de cálculo desta incógnita está apresentada abaixo:

$$RD\ Ac = QAC \times 8,33$$

Onde:

RD Ac = Regularidade de divulgação da atualização completa anual;

QAD = Quantidade anual de divulgações completas.

Na equação, o fator Quantidade Anual de Divulgações Completas (QAD) consiste no número de vezes em um ano em que ocorreu a publicação completa dos resultados atualizados dos Indicadores de Sustentabilidade elaborados. Esta divulgação pode se dar via *outdoor* eletrônico, *website*, portal virtual, aplicativo ou qualquer outro meio de comunicação eficiente, tecnológico, gratuito e de grande circulação, capaz de garantir a acessibilidade a informação.

É importante observar que, como a periodicidade mínima de cômputo dentre os dez Indicadores de Sustentabilidade é o intervalo mensal, atribuído ao Indicador de Reaproveitamento de Resíduos, isto significa que, no período de um ano, a quantidade mínima necessária de divulgações/atualizações é de doze ocorrências. Consequentemente, considerando esta divulgação mensal ideal, o Fator de Periodicidade (FP) da fórmula se torna constante, fixado no valor de 8,33 (haja vista que $12 \times 8,33 = 100\%$). Sendo assim, conclui-se que para alcançar uma boa categorização no critério proposto, a publicação completa dos resultados atualizados dos dez Indicadores de Sustentabilidade dos loteamentos analisados deve ocorrer, preferencialmente, todo mês.

Por fim, cabe discorrer também acerca do significado atribuído e abrangência da expressão “divulgação completa”, atrelada a variável QAD (Quantidade Anual de Divulgações Completas). Por “completa”, entende-se a publicação atualizada de todos os dez Indicadores de Sustentabilidade, ainda que este valor se repita durante os meses, no caso de parâmetros que ainda não atingiram seu respectivo intervalo de periodicidade. Ou seja, para ser considerada uma “divulgação completa”, podendo assim ser contabilizada na incógnita QAD, a publicação deve apresentar os valores atualizados de todos os dez Indicadores de Sustentabilidade, sendo a não atualização de apenas um dos

parâmetros pretexto suficiente para invalidação de determinada ocorrência. A FIGURA 11, abaixo, esquematiza a aplicação do indicador elaborado, a partir de valores de QAD e QAC estimados.

Figura 11: Exemplo de Aplicação - Indicador 10: Informação, Comunicação e Tecnologia



$$\text{Indicador de Informação, Comunicação e Tecnologia} = \frac{ACM + RD\ Ac}{2}$$

Onde:

ACM = Assiduidade de cômputo média anual;

RD Ac = Regularidade de divulgação da atualização completa anual.

PERIODICIDADE DE CÔMPUTO = ANUAL / 12 (DOZE) MESES



$$\text{Indicador de Informação, Comunicação e Tecnologia} = \frac{89,16 \times 91,63}{2} = 90,40 \quad \text{BOM}$$

INDICADOR DE INFORMAÇÃO, COMUNICAÇÃO E TECNOLOGIA	ÓTIMO	INDICADOR ≥ 99%
	BOM	99% > INDICADOR > 90%
	MÉDIO	90% ≥ INDICADOR > 75%
	RUIM	75% ≥ INDICADOR

5. CONCLUSÃO

A dissertação apresentada buscou construir parâmetros para mensuração e monitoramento da sustentabilidade de loteamentos urbanos, visando oferecer ferramentas gerenciais úteis para que a entidade responsável por sua administração seja capaz de direcionar o desenvolvimento dos grandes assentamentos para um viés pautado na mitigação de seus impactos relacionados, seja esta figura uma repartição pública governamental, pessoa jurídica comercial ou associação privada da sociedade civil. Buscou-se, portanto, por meio da elaboração dos dez indicadores de sustentabilidade previamente descritos, contribuir para a consolidação de um futuro calçado no racionamento de insumos, economia de recursos e redução de desperdícios, prezando pela eficiência máxima das edificações e pela melhora constante do desempenho de sistemas e processos.

Os preceitos da sustentabilidade foram planejados para serem aplicados de forma prática no decorrer de todo o ciclo de vida dos empreendimentos, iniciando-se nas etapas prévias de planejamento, passando pelas fases de implantação, uso e operação, orientando os estágios de manutenção e expansão e fazendo-se presente, ainda, durante os desfechos finais de demolição. Prezou-se, no transcorrer do processo de criação dos indicadores, pela conciliação entre técnica e simplicidade, objetivando garantir que a métrica proposta seja capaz de aferir, de forma efetiva, os parâmetros por ela avaliados, procurando, ao mesmo tempo, facilitar a assimilação, disseminação e compreensão dos indicadores tanto por parte do órgão gestor quanto pelo público em geral.

Entende-se que a proposta condutora do presente trabalho possui relevância considerável no que tange os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, a medida em que contribui para reverter o quadro histórico de desarticulação da indústria da construção civil, setor com uma das maiores pegadas ecológicas do planeta, com a causa ambiental. Essa dissonância se mostra evidente quando analisamos, por exemplo, a quantidade exacerbada de

resíduos gerados diariamente, a forma irracional com que é feita a extração dos recursos e as emissões substanciais de Gases do Efeito Estufa atribuídas a este setor, sem mencionar o consumo energético e o dispêndio hídrico correlacionados.

Por outro lado, a despeito de seu mérito existencial, é evidente que a monografia em questão compreende uma etapa inicial de concepção e planejamento de indicadores. Sendo assim, o ensaio prático destes parâmetros representa uma etapa posterior essencial para amadurecimento, refinamento e consolidação das ferramentas de monitoramento aqui propostas, possibilitando a sua aplicação real em grandes loteamentos urbanos. Estes testes críticos de aplicabilidade podem, inclusive, resultar em modificações significativas nas métricas de cálculo, apontando adequações relevantes nas categorizações sugeridas, desde que este processo não deturpe o propósito inicial que rege a construção de cada indicador de sustentabilidade. A lapidação dos parâmetros mediante teste amostral das categorizações e fórmulas de cálculo trata-se, portanto, de uma sugestão de tese para aprofundamento e desenvolvimento de trabalhos futuros relacionados.

Apesar da limitação inerente a proposta, acredita-se que a utilização dos indicadores arquitetados por este trabalho constitui-se como um meio eficiente para aprimorar a sustentabilidade de grandes assentamentos, ao passo em que fomenta, nos responsáveis pelo planejamento urbano local, a distribuição adequada de espaços públicos de lazer no *MasterPlan* dos empreendimentos, propõe o resgate das paisagens naturais reinserindo os rios no ecossistema citadino e incentiva a promoção de uma arborização viária abundante vinculada a um paisagismo urbano heterogêneo. Ademais, os parâmetros buscam garantir a devida acessibilidade ao pedestre, projetando cidades na escala humana, a partir da diversificação dos modais de transporte, contribuindo, também, para melhora da mobilidade urbana.

Os critérios estimulam, ainda, a adoção de novas tecnologias sustentáveis em edifícios, que permitem o aproveitamento de fontes energéticas renováveis

e a utilização de águas pluviais para racionamento hídrico. Em complemento, buscam atuar na gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos, por meio do fomento a práticas de reuso, reaproveitamento e reciclagem. Os indicadores de sustentabilidade delineados visam assegurar também a rastreabilidade dos materiais, reconhecendo boas práticas de manejo florestal associadas ao ciclo de vida dos insumos construtivos. Ademais, buscam aliar estrategicamente o projeto as certificações ambientais de sustentabilidade mais famosas e difundidas no mercado da construção civil nacional, se preocupando, enfim, com a correta contabilização, divulgação e democratização de seus resultados.

Figura 12: Indicadores de Sustentabilidade



Fonte: Elaboração do autor

6. REFERÊNCIAS

ABRELPE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil; Castagnari Consultoria, Grappa Editora e Comunicação; São Paulo/SP, 2014.

ABREU, WAGNER GOMES – Manutenção Predial Sustentável: Diretrizes e Práticas em Shoppings Centers; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 2012.

AMADO, MIGUEL P; PINTO A.J; SANTOS C.V; CRUZ, A. – The Sustainable Building Process; In CD: Ron Wakefield (eds); RMIT University, Melbourne/AU, 2007.

AMARAL, DANIELA SOARES; RODRIGUES, ELISANGELA RONCONI – Reciclagem no Brasil: Panorama Atual e Desafios para o Futuro; FMU, Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas; Disponível em: <<https://portal.fmu.br/reciclagem-no-brasil-panorama-atual-e-desafios-para-o-futuro/>>; 2018 (acesso em: 15/06/2021).

ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – Atlas de Energia Elétrica do Brasil; 2ª Edição; Brasília/DF, 2005.

BENITE, ANDERSON – Emissões de Carbono e a Construção Civil; Centro de Tecnologia em Edificações/CTE, São Paulo/SP, 2011.

BRASIL – Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos; Congresso Nacional; Brasília/DF, 2010.

BRASIL – Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012: Novo Código Florestal Brasileiro; Congresso Nacional; Brasília/DF, 2012.

CARDOSO, LUCIANA MACHADO; ABREU, ALINE GNOATTO; OLIVEIRA, TARCISIO DORN – Espaços Públicos de Lazer ao Ar Livre e sua Importância para o Aumento da Qualidade de Vida: Reflexões na Cidade Santo Augusto/RS; Salão do Conhecimento; XXIV Seminário de Iniciação Científica; UNJUÍ; Santo Augusto/RS, 2016.

DEGANI, CLARICE MENEZES; CARDOSO, FRANCISCO FERREIRA – A Sustentabilidade ao Longo do Ciclo de Vida de Edifícios: A Importância da Etapa de Projeto Arquitetônico; NUTAU, 2002.

DOERR ARCHITECTURE – Definition of Sustainability and the Impacts of Building; Colorado/EUA; Disponível em: <doerr.org/html/GreenChecklistResidential.doc>.

ECYCLE – O que são Energias Renováveis e seus Benefícios; Disponível em: <<https://amp.ecycle.com.br/7169-como-acabar-com-caspa/3948-energias-renovaveis.html>>; 2016 (acesso em: 04/08/2021).

FIBRA, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO DISTRITO FEDERAL – Patrícia Figuerêdo, Assessoria de Comunicação Social do Sinduscon; Notícias – Construção Civil Representa 6,2% do PIB do Brasil; Distrito Federal/DF, 14/02/2017.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS; CEMIG, COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – Manual de Arborização; Governo de Minas; Belo Horizonte/MG, 2011.

GALLOPIN, GILBERTO CARLOS – Environmental and Sustainability Indicators and the Concept of Situational Indicators: A System Approach. Environmental Modelling & Assessment; v.1, p.101-117; 1996.

GEHL, JAN – Cidade para Pessoas. Perspectiva, 1ª Edição; São Paulo/SP, 2013.

GOLDSMITH, EDWARD – A Blueprint for Survival. Penguin, Hardmondsworth, Houghton Mifflin; Boston/EUA, 1972.

GUIMARÃES, ROBERTO P. – A Ética da Sustentabilidade e a Formulação de Políticas de Desenvolvimento. Fundação Perseu Abramo, São Paulo/SP, 2001.

GUIMARÃES, ROBERTO P. – Desenvolvimento Sustentável: da Retórica à Formulação de Políticas Públicas. UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, 1997.

INSTITUTO ECOBRASIL: ECOTURISMO, ECODESENVOLVIMENTO – Nosso Futuro Comum, Relatório de Brundtland (ecobrasil.eco.br, acesso em 23/12/2020).

LEFEBVRE, HENRY – O Direito à Cidade. Editora Centauro, 5ª Edição/2009; 1991.

LOURENÇO, MARCUS SANTOS – Questões Técnicas na Elaboração de Indicadores de Sustentabilidade. UniFAE, São João da Boa Vista/SP, 2006.

LUCAS, VANESSA SILVÉRIO – Construção Sustentável: Sistema de Avaliação e Certificação; Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa; Departamento de Engenharia Civil, Lisboa/PT, 2011.

MOURA, MARIANGELA & MOTTA, ANA LUCIA TORRES SEROA – O Fator Energia na Construção Civil; Universidade Federal Fluminense (UFF); IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro/RJ, 2013.

ONU, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS; COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD) – Our Common Future, 1987.

ONU, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS; G1.GLOBO – Duas de cada Três Pessoas Sofrerão com Falta de Água em 2050; Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/04/duas-de-cada-tres-pessoas-sofrerao-com-falta-de-agua-em-2050-diz-onu.html>; 2015 (acesso em: 07/08/2021).

PFLUCK, CARLOS EDUARDO DE FREITAS – Simulação Fluidodinâmica da Dispersão de Poluentes na Atmosfera. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química; Porto Alegre/RS, 2010.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFC'S – 30 Protocolo de Montreal: Cuidando de Toda a Vida Sob o Sol, 2011; Disponível em: protocolodemontreal.org.br (acesso em 12/12/2020).

ROMANEL, CELSO; JUNIOR, JOEL VIEIRA BAPTISTA – Sustentabilidade na Indústria da Construção: Uma Logística para a Reciclagem dos Resíduos de Pequenas Obras; urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 5, n. 2, p. 27-37, 2013.

SACHS, IGNACY – Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável. Garamond, Rio de Janeiro/RJ, 2002.

VAN BELLEN, HANS MICHAEL – Indicadores de Sustentabilidade: Um Levantamento dos Principais Sistemas de Avaliação; Cadernos EBAPE.BR (Volume II/Número 1), 2004.

