

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
DOUTORADO CIDADES

MARCELLE MARIA PAIS SILVA REBÊLO

**SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL PARA PROJETOS RESIDENCIAIS EM
MACEIÓ-AL: Procedimentos Metodológicos para Adequação de Ferramenta de
Avaliação**

Maceió

2018

MARCELLE MARIA PAIS SILVA REBÊLO

**SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL PARA PROJETOS RESIDENCIAIS EM
MACEIÓ-AL: Procedimentos Metodológicos para Adequação de Ferramenta de
Avaliação**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Dinâmicas do Espaço Habitado da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Gianna Melo Barbirato.

Maceió
2018

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4 - 661

M114s Rabêlo, Marcelle Maria Pais Silva.

Sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió-AL :
procedimentos metodológicos para adequação de ferramenta de avaliação /
Marcelle Maria Pais Silva Rabêlo. – 2018.
259 f.

Orientadora: Gianna Melo Barbirato.

Tese (doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de
Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação
em Arquitetura e Urbanismo, Maceió, 2018.

Bibliografia: f. 196-212.

Apêndices: f. 213-239.

Anexos: f. 240-260.

1. Arquitetura de habitação – Maceió (AL). 2. Projeto arquitetônico.
3. Construção sustentável – Métodos de análise multicriterial. 4. Edificações –
Ferramenta de avaliação da sustentabilidade ambiental. I. Título.

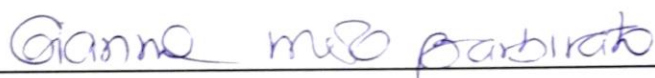
CDU: 728.1(813.5)

Folha de aprovação

AUTORA: MARCELLE MARIA PAIS SILVA REBÊLO

(Sustentabilidade Ambiental para Projetos Residenciais em Maceió-AL: Procedimentos metodológicos para Adequação de Ferramenta de Avaliação./ Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas.)

Tese submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação Dinâmica do Espaço Habitado, Doutorado Cidades da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 17 de outubro de 2018.

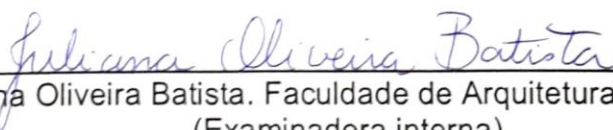


Profª. Drª. Gianna Melo Barbirato. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL
(orientadora)

Banca Examinadora:



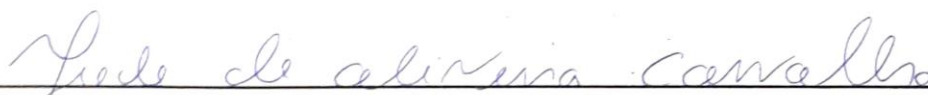
Prof. Dr. Fernando Antonio de Melo Sá Cavalcanti. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL (Examinador interno)



Profª. Drª. Juliana Oliveira Batista. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL
(Examinadora interna)



Prof. Dr. Ruskin Marinho de Freitas. Centro de Artes e Comunicação – UFPE
(Examinador externo)



Prof. Dr. Frede de Oliveira Carvalho. Centro de Tecnologia – UFAL (Examinador externo)

*À Carol e João Miguel, que completaram nossa família e
vem nos ensinando, a mim e a Eduardo, o sentindo pleno
da palavra amor.*

À minha mãe, amor eterno.

AGRADECIMENTOS

A Deus por está sempre me provando que sou capaz.

A meu marido por todo apoio e confiança em mim, mesmo nos períodos que eu não tinha.

A minha orientadora Gianna por compreender todos os percalços vivenciados durante a jornada deste doutorado e não me deixar desistir.

Ao professor Frede Carvalho por todo conhecimento passado da lógica *fuzzy* e por sua valiosíssima contribuição a esta tese.

Aos demais professores da banca, pelas contribuições e tempo dedicado a este trabalho.

Aos colegas do doutorado que vivenciaram juntamente comigo as conquistas da primeira turma, um apoiando e incentivando ao outro.

As amigas de trabalho da Divisão de Projetos da SINFRA/UFAL, principalmente Marlise e Cynthia, pelo apoio, contribuições e paciência.

A todos que participaram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Nota-se a relevância da aplicação de metodologias que tornam o ato de projetar mais sustentável para melhoria da qualidade construtiva como forma de minimizar os seus impactos. A busca por meios de mensuração para avaliação do nível de sustentabilidade das edificações tem crescido nos últimos anos. Esse estudo possui como objetivo geral propor uma ferramenta de avaliação do nível de sustentabilidade ambiental em projetos de edificações residenciais para a cidade de Maceió/AL que possa ser utilizada como instrumento de orientação para projetistas e à legislação municipal, com o intuito de estimular a prática de projetos residenciais mais sustentáveis ambientalmente. Para isso, inicialmente, foram selecionados sistemas de certificação ambiental elaborados ou adaptados especificamente para construções residenciais no Brasil e aplicados em um projeto de edifício residencial multifamiliar selecionado como estudo de caso. Foram utilizadas as certificações AQUA, Referencial GBC Brasil Casa e Selo Azul Caixa. Após a aplicação, foram verificadas as categorias e critérios existentes nos sistemas de avaliação estudados e confrontados com os condicionantes projetuais para a cidade, a partir dos quais foram elencados os critérios mais prioritários para Maceió/AL de forma a agrupá-los em uma proposta denominada ASPRE – Avaliação da Sustentabilidade em Projetos Residenciais. O que determina a especificidade da ASPRE para Maceió/AL, é a definição dos pesos de suas categorias e seus critérios. Para essa acepção, foi utilizado um método de análise multicriterial, o Processo de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process - AHP), que permite utilizar de forma quantitativa a opinião subjetiva de especialistas para a hierarquização das categorias e critérios através da aplicação de questionários. Foi utilizado ainda um outro método multicriterial para a classificação final da ASPRE – o sistema *fuzzy* (inteligência artificial) – que introduziu o grau de incerteza da subjetividade humana na pontuação final da ferramenta proposta. Os resultados obtidos demonstraram que o método AHP foi satisfatório para a hierarquização das categorias e critérios e consequentemente para a valoração dos respectivos pesos. O sistema *fuzzy* permitiu informar o percentual da classificação obtida pelo projeto avaliado, dentro do nível alcançado. Para verificação da eficiência da ferramenta proposta, a ASPRE foi aplicada ao edifício estudo de caso. Seu resultado foi comparado aos obtidos com a aplicação dos sistemas estudados. Também foram simulados resultados hipotéticos e analisadas suas classificações. Verificou-se que o estudo de caso, com a ferramenta ASPRE obteve classificação parcialmente sustentável com 97,64% de pertinência, já que os critérios atendidos são os mais relevantes para Maceió/AL, segundo a hierarquização obtida com a AHP. A proposição de uma ferramenta de avaliação do nível de sustentabilidade em projetos arquitetônicos para Maceió/AL, enfim, é um meio de disseminação para a prática projetual mais sustentável na referida cidade, podendo ser utilizada como base para a legislação construtiva da cidade – o código de obras.

Palavras-chave: Projeto Arquitetônico. Construções Sustentáveis. Métodos de Análise Multicriterial. Ferramenta de Avaliação da Sustentabilidade Ambiental.

ABSTRACT

It is worth stressing the value of employing methodologies that can ensure a more sustainable planning strategy for improving the standard of buildings as a means of reducing their adverse effects on the environment. In recent years, there has been a growing attempt to seek systems of measurement that can assist in assessing the level of sustainability of buildings. The general aim of this study is to design a tool for assessing the level of environmental sustainability in the planning of residential buildings for the city of Maceió/AL. This can be used as a guidance tool for both planners and municipal legislators, with a view to fostering the planning more environmentally-sustainable residential dwellings. To start with, this involved setting standards of environmental certification that were prepared for, or particularly adapted to, residential buildings in Brazil and these were applied to a multifamily residential building selected as a case study. The following types of certification were used: AQUA, Referencial GBC Brasil Casa and Selo Azul Caixa [Blue Box Hallmark]. After the application, the categories and criteria that can govern the assessment systems under study were determined and these were set against the planning constraints of the city. These criteria (which are of particular significance to Maceió/AL) were selected and combined in a collective way, in a scheme called ASPRE – Avaliação da Sustentabilidade em Projetos Residenciais [The assessment of Sustainability in Residential Projects]. What determines the specific features of ASPRE for Maceió/AL, is the fact that they can be defined in terms of the strength of these categories and criteria. A multiple-criteria decision analysis (called an Analytical Hierarchy Process - AHP) was employed as a method to support their underlying meaning. This allows the subjective opinion of specialists to be employed in quantitative terms to establish a hierarchy of categories and criteria through the application of questionnaires. Another multiple-criteria decision-making method was employed for the final classification of ASPRE – the *fuzzy* logic system (based on artificial intelligence) – which introduced a degree of uncertainty with regard to human subjectivity in the final score achieved by the tool that was recommended. The results obtained showed that the AHP method was satisfactory for the hierarchical system of categories and criteria and hence for the valuation of the respective weights. The *fuzzy* logic system made it possible to provide information about the percentile rank obtained when the project was assessed within the standard achieved. ASPRE was applied to the building examined in the case study to determine the efficiency of the tool that was employed. The results were compared with those obtained from the systems applications studied. Hypothetical results were also simulated and their categories analyzed. It was confirmed that the case study with the ASPRE tool, it achieved a partially sustainable classification with 97.64% pertinence. This was because they met the most significant criteria for Maceió/AL, when based on the hierarchical system obtained from the AHP. The purpose of an assessment tool designed for the level of sustainability of architectural projects for Maceió/AL, is ultimately a means of disseminating information about the more sustainable design practices in this city and can be used to form the basis of more effective legislation in the city – i.e. it can act as a building code.

Keywords: Architectural Project; Sustainable Buildings. Methods of Multi-Criteria Analysis. Assessment Tool for Environmental Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquia da legislação urbana básica	37
Figura 2 - Zona Bioclimática 8	41
Figura 3 - Matriz comparativa.....	57
Figura 4 – Exemplo gráfico do comportamento de um conjunto clássico e de um conjunto <i>fuzzy</i>	61
Figura 5 – Representação da função triangular	62
Figura 6 - Regras de produção <i>fuzzy</i> e Modelo Mamdani	65
Figura 7 - Regras de produção <i>fuzzy</i> e Modelo Mamdani com <i>defuzzificação</i>	66
Figura 8 - Relação de pontos versus nível de certificação	80
Figura 9 - Esquema metodologia adotada.....	90
Figura 10 - Localização da cidade objeto de estudo: Maceió/AL	92
Figura 11 - Percentual de domicílios por dormitórios em Maceió-AL.	94
Figura 12 - Relação da tipologia de edificações residenciais no Brasil e em Maceió/AL	94
Figura 13 - Unidades habitacionais em Maceió/AL e seus sistemas de descarte dos efluentes líquidos.	96
Figura 14 - Domicílios em Maceió/AL versus tipo de material de suas paredes externas.....	97
Figura 15 - Critérios elencados como prioritários para a cidade de Maceió/AL referentes ao clima tropical quente e úmido.....	102
Figura 16 – Critérios com maior deficiência quantitativa (base da pirâmide) até os de menor deficiência (topo da pirâmide) na cidade de Maceió/AL, segundo censo demográfico IBGE (2010).....	103
Figura 17 - Energia Elétrica: Consumo e Consumidores por Classe de 2010 a 2014	108
Figura 18 - Maceió nos anos 1980 e Maceió/AL nos dias atuais: aumento na densidade construída.	109
Figura 19 - Mapa de uso e ocupação do solo em Maceió/AL no ano de 2009.....	109
Figura 20 - Localização da edificação objeto de estudo na cidade de Maceió/AL com pontos de referência.....	112
Figura 21 – Perspectiva do objeto de estudo e foto da etapa da obra em maio de 2018	113
Figura 22 - Planta de cobertura e planta baixa do pavimento térreo (sem escala) mostrando o aproveitamento da área do terreno para a locação das torres (em projeção na planta baixa), área de lazer e estacionamento	116
Figura 23 - Planta baixa pavimento tipo do projeto de edifício residencial multifamiliar estudo de caso	117
Figura 24 - Estudo de insolação nas torres objeto de estudo, foi utilizado o software Revit.....	118
Figura 25 - Parte inicial do questionário aplicado aos tomadores de decisão	123

Figura 26 - Parte do questionário aplicado referente à definição da valoração para as faixas de níveis de sustentabilidade ambiental da ferramenta proposta ASPRE	126
Figura 27 - Fluxograma simplificado de um sistema <i>fuzzy</i>	127
Figura 28 - Parte da formulação da base de regras <i>fuzzy</i>	128
Figura 29 - Sistema de interferência montado na interface do Matlab®	129
Figura 30 - Configuração básica segundo especificações pré-estabelecidas para o uso do <i>Fuzzy Logical Toolbox</i>	130
Figura 31 - Base de regras - construção das regras de inferência.	130
Figura 32 - Definição do domínio das variáveis de entrada – Integração urbana. ..	131
Figura 33 - Definição do domínio das variáveis de saída – ASPRE.	132
Figura 34 - Relação entre as categorias de origem (dos sistemas de certificação existentes) e as categorias da ferramenta proposta ASPRE, sendo em cada retângulo a primeira categoria referente ao Selo Casa Azul Caixa, a segunda ao Referencial GBC Brasil e a terceira ao AQUA.	161
Figura 35 - Gráfico com pesos/pontuação definidos para as categorias da ferramenta proposta ASPRE totalizando 100 pontos	163
Figura 36 - Gráficos: Pesos por critérios das respectivas categorias	164
Figura 37 - Níveis de classificação da ferramenta proposta ASPRE, segundo especialistas	170
Figura 38 - Gráfico grau de desempenho do projeto estudo de caso com a aplicação da ferramenta proposta ASPRE	172
Figura 39 - Defuzzificação do sistema mostrando os resultados dentro das 60 regras elaboradas para a ASPRE. Em vermelho tem-se os resultados percentuais obtidos por cada categoria e em azul o resultado <i>fuzzy</i> para o estudo de caso. Na imagem do gráfico do sistema <i>fuzzy</i> no Matlab® demonstra-se a função de pertinência de saída para o estudo de caso.	174
Figura 40 - Selo de classificação da ferramenta ASPRE para o edifício estudo de caso	175
Figura 41 - Relação entre as categorias (com objetivos semelhantes) dos sistemas estudados: Aqua, Referencial GBC Brasil Casa e Selo Casa Azul Caixa. Sendo em cada retângulo a primeira categoria referente ao Selo Casa Azul Caixa, a segunda ao Referencial GBC Brasil e a terceira ao AQUA.	178
Figura 42 - Metodologia de cálculo para o nível de certificação AQUA - quantidade de estrelas por categorias / temas	182
Figura 43 - Gráfico dos pesos em percentual das categorias para os sistemas de certificação Selo Casa Azul e Referencial GBC Brasil Casa	183
Figura 44 - Relação da pontuação por categorias entre os sistemas estudados e a ferramenta proposta	184
Figura 45 - Diferença entre a média percentual dos pesos dos sistemas Selo Casa Azul, Referencial GBC Brasil e ASPRE	185
Figura 46 - Gráfico com desempenho percentual por categorias dos sistemas estudados e da ferramenta proposta ASPRE	187

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Códigos de Obras e Edificações das capitais da região Nordeste do Brasil e suas diretrizes para construções sustentáveis.	38
Quadro 2 - Níveis de desempenho térmico por zonas bioclimáticas para verão.....	45
Quadro 3 - Níveis de iluminamento natural exigidos pela NBR 15.575-1 (ABNT, 2013).....	46
Quadro 4 - Níveis de iluminamento para iluminação artificial exigidos pela NBR 15.575-1 (ABNT, 2013)	46
Quadro 5 - Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, D2m, nT, w, para ensaios de campo.....	47
Quadro 6 - Principais critérios para a avaliação de construções sustentáveis	49
Quadro 7 – Trabalhos que utilizam metodologia de análise multicritério.....	53
Quadro 8 - Comparativo dos métodos de <i>defuzzificação</i>	67
Quadro 9 - Sistemas de certificação ambiental para edifícios.....	71
Quadro 10 - Níveis de gradação do Selo Casa Azul	76
Quadro 11 - Resumo categorias e critérios Selo Casa Azul.....	76
Quadro 12 - Comparativo dos critérios Selo Casa Azul antes e depois de sua atualização para equiparação com a NBR 15.575 (ABNT, 2013)	78
Quadro 13 - Categorias e critérios avaliados pelo sistema de certificação Referencial GBC Brasil Casa para o projeto estudado.....	81
Quadro 14 - Categorias exigidas e seus escopos do GBC Brasil Casa	83
Quadro 15 - Áreas urbanas com ordenamento regular de Maceió/AL, por forma de características do entorno	97
Quadro 16 - Categorias e critérios avaliados pelo sistema de certificação Selo Casa Azul para o projeto estudado.....	135
Quadro 17 - Critério cumpridos pelo estudo de caso para o Selo Casa Azul Caixa, categorias qualidade urbana e projeto e conforto	138
Quadro 18 - Critério cumpridos pelo estudo de caso para o Selo Casa Azul Caixa, categorias eficiência energética, conservação de recursos materiais e gestão da água	140
Quadro 19 - Categorias e critérios avaliados pelo sistema de certificação Referencial GBC Brasil Casa para o projeto estudado.....	145
Quadro 20 - Critérios cumpridos pelo estudo de caso para o Referencial GBC Brasil Casa.....	149
Quadro 21 - Categorias e critérios avaliados pelo sistema de certificação AQUA para o projeto estudado.....	152
Quadro 22 - Vantagens e desvantagens para Maceió/AL dos sistemas de certificação aplicados no estudo de caso	156
Quadro 23 - ASPRE: Categorias propostas e seus escopos	157
Quadro 24 - ASPRE: Critérios propostos por categoria	158
Quadro 25 - Categorias, critérios e requisitos da metodologia proposta ASPRE....	166

Quadro 26 - Categorias e critérios avaliados pela ferramenta proposta ASPRE para o projeto estudado.....	171
Quadro 27 - Relação entre as categorias e critérios dos sistemas de certificação Selo Casa Azul, GBC Brasil Casa e AQUA.....	180

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de relativa importância de Saaty.	56
Tabela 2 - Valores de IR para matrizes de ordem n	59
Tabela 3 - Médias das normais climatológicas para Maceió/AL (1981-2010)	93
Tabela 4 - Comparativo de estratégias projetuais para Maceió-AL, zona 8	101
Tabela 5 - Estratégias bioclimáticas e os períodos que as mesmas devem ser utilizadas na cidade de Maceió/AL	101
Tabela 6 - Dimensionamento ambientes e aberturas do apartamento tipo. Valores em vermelho estão abaixo do permitido pela Norma de Desempenho (ABNT, 2013)	115
Tabela 7 - Relação quantitativa da formação profissional <i>versus</i> titulação dos especialistas participantes desta pesquisa.....	122
Tabela 8 – Dados de entrada para o sistema de inferência <i>fuzzy</i>	128
Tabela 9 – Exemplo: Matriz obtida com a aplicação de questionário para definição dos pesos das categorias.....	162
Tabela 10 – Exemplo: Matriz normalizada, para a obtenção da hierarquização das categorias para a ferramenta proposta ASPRE	162
Tabela 11 - Exemplo: Demonstrativo de cálculos para verificação da consistência da resposta dos especialistas	162
Tabela 12 - Pesos dos critérios e categorias para as categorias da ferramenta proposta ASPRE	165
Tabela 13 – Simulações com seus respectivos resultados no sistema <i>fuzzy</i> para a ASPRE	177
Tabela 14 - Comparação percentual entre pesos da ferramenta proposta ASPRE com os sistemas Selo Casa Azul e AQUA	185

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contextualização	16
1.2	Hipóteses	20
1.3	Objetivos	20
1.3.1	Objetivo Geral	20
1.4	Estrutura da Tese	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	Sustentabilidade e o Ambiente Construído	22
2.2	O Projeto Arquitetônico Sustentável	29
2.3	Políticas Públicas, Leis e Normas para a Sustentabilidade Ambiental na Construção Civil	31
2.3.1	Códigos de Obras	35
2.3.2	As Normas Brasileiras	40
2.4	Desenvolvimento de Ferramentas de Avaliação Ambiental para Construções	49
2.4.1	Metodologias de Análise Multicriterial	54
2.5	Ferramentas de Avaliação Ambiental para Construções	69
2.5.1	AQUA - Alta Qualidade Ambiental	73
2.5.2	Selo Casa Azul	75
2.5.3	Referencial GBC Brasil Casa	80
2.6	Selos Municipais	83
2.6.1	Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental da Prefeitura de Belo Horizonte	84
2.6.2	Sistema de Certificação Qualiverde do Rio de Janeiro	85
2.6.3	Programa de Certificação Sustentável "IPTU VERDE" em edificações no Município de Salvador	86
2.7	Síntese do Referencial Teórico	88
3	METODOLOGIA	90
3.1	Etapa 01 - Embasamento teórico e contextualização	90
3.1.1	Contextualização da região de estudo: Maceió/AL	91
3.1.2	Condicionantes Projetuais para Unidades Residenciais Maceió/AL	99
3.1.3	Definição do projeto arquitetônico residencial como escopo para o desenvolvimento da ASPRE	107

3.1.4	Seleção de sistemas de certificação ambiental para as construções residenciais	110
3.1.5	Escolha do Estudo de Caso: Edifício Residencial Multifamiliar	110
3.2	Etapa 02 - Formulação de Ferramenta para Avaliação da Sustentabilidade Ambiental em Projetos Residenciais para Maceió/AL	119
3.2.1	Aplicação dos sistemas de certificação no edifício estudo de caso.....	119
3.2.2	Análise comparativa dos sistemas de certificação estudados	120
3.2.3	Definição categorias e critérios.....	120
3.2.4	Definição Pesos: Categorias e Critérios	121
3.2.5	Definição de requisitos para o cumprimento dos critérios nas categorias	125
3.2.6	Valoração dos níveis de sustentabilidade projetual	126
3.3	Etapa 03 – Análise Comparativa entre os Sistemas de Certificação Estudados e a Ferramenta Proposta ASPRE	133
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	134
4.1	Aplicação dos Sistemas de Certificação no Edifício Estudo de caso .	134
4.1.1	Aplicação do Selo Casa Azul Caixa.....	134
4.1.2	Aplicação do Referencial GBC Brasil Casa	144
4.1.3	Aplicação da Certificação AQUA	151
4.2	ASPRE - Avaliação da Sustentabilidade em Projetos Residenciais para Maceió/AL.....	156
4.2.1	Aplicação dos métodos AHP e <i>Fuzzy</i>	161
4.2.2	Aplicação ASPRE	170
4.2.3	Simulações de resultados ASPRE no sistema <i>Fuzzy</i>	175
4.3	Análise comparativa entre os sistemas de certificação aplicados e a ferramenta proposta ASPRE.....	178
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	190
	REFERÊNCIAS.....	195
	APÊNDICE A – MODELO QUESTIONÁRIO	211
	APÊNDICE B – MATRIZES GERADAS COM TÉCNICA AHP	217
	APÊNDICE C – REGRAS PARA O SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY.....	236
	ANEXO A – CATEGORIAS E CRITÉRIOS DOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO NACIONAIS ESTUDADOS.....	238
	ANEXO B – EXEMPLO AHP E FUZZY	248
	ANEXO C - PROJETO BÁSICO DO ESTUDO DE CASO	251

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Atualmente, o tema sustentabilidade tem sido bastante discutido: o que é um produto sustentável? O que é ser sustentável? No âmbito da construção civil, é uma temática que gera inquietação, já que essa atividade por si só já pressupõe um produto não sustentável.

A sustentabilidade urbana é definida como a capacidade das políticas urbanas se adaptarem à oferta de serviços, à qualidade e à quantidade das demandas sociais, buscando o equilíbrio entre as demandas de serviços urbanos e investimentos em estrutura (ACSELRAD; LEROY, 1999). Segundo o CBCS; SECOVI-SP (2011), a cidade tem se mostrado um modelo positivo de organização dos seres humanos, buscando atender à população, sendo esta a usuária do ambiente construído. Sua demanda mantém ativo o crescimento e a transformação das cidades e de sua infraestrutura, dos espaços habitacionais e demais usos urbanos.

A construção civil é uma atividade essencial para a sociedade. O setor compreende a construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados, configurando os espaços urbanos. Segundo a ISO 21929 (ISO, 2011) que trata da sustentabilidade nesse setor, a construção civil tem um grande impacto na economia, na sociedade e no meio ambiente. Para o crescimento da sociedade, a sustentabilidade na construção civil deve ser considerada. A relação entre a construção civil e o ambiente urbano depende de diversos fatores como legislações, contexto econômico, entre outros. É necessário que os construtores tenham em mente essa relação entre seus projetos e a cidade, integrando assim aspectos de sustentabilidade em seus empreendimentos (SOUZA; AWAD, 2012).

Independentemente do tipo, as construções devem ser projetadas de tal maneira que possam contribuir para a minimização de impactos ao ambiente, desde sua construção até seu uso final. É de fundamental importância a adoção de políticas e tecnologias que permitam ao setor da construção civil atender às metas de desenvolvimento dos assentamentos humanos e ao mesmo tempo evitar efeitos

negativos para a saúde humana e o meio; além disso, que seja possível aumentar a capacidade de geração de empregos. Kang (2015) afirma que no setor da construção civil, a implementação de construções sustentáveis permanece com uma taxa baixa de execução, apesar da necessidade crescente de se buscar edificações mais sustentáveis.

Esta tese parte do pressuposto que o projeto arquitetônico de edificações é tratado como algo independente da cidade. Porém é na hora de projetar que o profissional deve considerar a inserção do edifício na malha urbana, possibilitando a construção de comunidades sustentáveis. Percebe-se, assim, que não se pode entender o edifício sem entender a cidade, local de inserção do mesmo. Nesse contexto, o projeto arquitetônico é de fundamental importância para que se alcance uma obra e edificação mais sustentável ambientalmente.

O ato de projetar está intimamente ligado com a capacidade de se minimizar impactos ao ambiente. Para um projeto mais sustentável, deve-se prever uma relação entre os constituintes da edificação, os usos de água e energia, assim como os materiais empregados, elementos que devem ser pensados de tal forma que se evite o impacto sobre as gerações futuras, com relação aos recursos naturais.

O Ministério do Meio Ambiente estabeleceu o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (BRASIL, 2010), e dentre as diretrizes para construções sustentáveis estão: análises de longo prazo no planejamento da obra, escolhas que promovam eficiência energética, uso racional de água e seu reaproveitamento, potencialização das condições naturais locais (ventilação, iluminação, calor) e uso de materiais e técnicas ambientalmente amigáveis.

Segundo Suwanteep; Murayama; Nishikizawa (2016) muitos países já implementaram sistemas de avaliação de impacto ambiental no nível de projeto arquitetônico e acumularam uma base sólida de conhecimento e experiência. Embora os sistemas sejam semelhantes em todo o mundo, os impactos ambientais variam de região para região. Sobreira (2010) atesta que é crescente a busca por meios de mensuração do nível de sustentabilidade das edificações através de certificações que venham atribuir “valor” a essas construções.

Existem mais de 600 sistemas de avaliação da sustentabilidade para edificações disponíveis em todo o mundo (KANG; LEE; KIM, 2016). Esses métodos de mensuração são importantes para a determinação de parâmetros de verificação do atendimento a diversos aspectos relativos à sustentabilidade (GRÜNBERG;

MEDEIROS; TAVARES, 2014). Elaborados e/ou adaptados especificamente para o Brasil existem três: Selo Casa Azul (CAIXA, 2010), Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014) e o AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014). Já existem alguns selos específicos para a cidade desenvolvidos pelos respectivos governos municipais (QUALIVERDE – Rio de Janeiro, IPTU Verde – Salvador, Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental da Prefeitura de Belo Horizonte).

Nota-se a relevância da aplicação de métodos que direcionem o ato de projetar mais sustentável para melhoria da qualidade dos ambientes construídos como forma de minimizar os seus impactos (REBÊLO; BARBIRATO, 2016). O desempenho de qualquer sistema deve ser avaliado com maior conscientização ambiental. Há necessidade pela busca de alternativas que venham minimizar os efeitos da construção civil através de soluções inovadoras e eficientes, visando o uso racional da água, da energia elétrica e menor impacto ambiental (REBÊLO, 2011).

Uma edificação sustentável pode ser definida como práticas de construção que se esforçam para atingir a qualidade integral de forma ampla (desempenho econômico, social e ambiental), reduzindo o consumo de recursos escassos e aumentando a qualidade ambiental. O desempenho da habitação tem relação direta com a qualidade da mesma e satisfação do usuário (AZEVEDO et al, 2006, p. 4).

O desenvolvimento de técnicas de avaliação e respectivas ferramentas são um desafio pela complexidade das variáveis envolvidas. Segundo Bragança; Mateus; Koukkari (2010), uma questão importante é a gestão dos fluxos de informação e conhecimento entre os vários indicadores. O desenvolvimento desses sistemas ao longo do tempo tem contribuído para o aumento da conscientização da sustentabilidade e tornaram-se uma referência para avaliar a sustentabilidade de edifícios em geral (CASTRO; MATEUS; BRAGANÇA, 2014).

Na maioria das ferramentas de avaliação da sustentabilidade em edificações, os objetivos são a minimização do consumo de energia, proteção e conservação dos recursos hídricos, uso de materiais e produtos ecológicos, busca por um ambiente interno saudável, práticas operacionais e de manutenção otimizados, entre outros (BRAGANÇA; MATEUS; KOUKKARI, 2010).

Segundo a ISO 2129-2 (ISO, 2015), enquanto o desafio do desenvolvimento sustentável é global, as estratégias para lidar com a sustentabilidade na construção

civil dependem de ações essencialmente locais e diferem em contexto e conteúdo de região para região. Para Cole (2005) apud Kang; Lee; Kim (2016), uma das dificuldades no processo de desenvolvimento de ferramentas de avaliação é a definição do escopo adequado para um nível regional de sustentabilidade e a definição dos pesos de cada categoria/critério. Como solução deste problema, estudos recentes mostram as metodologias de análise multicritério como alternativas eficientes.

O Brasil é um país de vasta extensão territorial e isso acarreta especificidades climáticas, socioeconômicas e culturais de um lugar para o outro. Isso gera a necessidade de ferramentas de avaliação da sustentabilidade distintas para diferentes localidades dentro do país.

Desde 2010, Keeler e Burke (2010), já verificavam a falta de uma legislação mais definida para que as construções tivessem seus projetos mais sustentáveis. Em muitos municípios brasileiros, na legislação específica para construções – códigos de obras, não se encontram exigências relativas a essa temática, ou quando existem, encontram-se de forma incipiente. Logo, essa lacuna observada por Keeler; Burke (2010) encontra-se em aberto ainda hoje.

Diante do exposto e sabendo-se da importância da fase projetual e do setor residencial para a construção civil, além do fato de que Maceió/AL possui Código de Urbanismo e Edificações (MACEIÓ, 2007) que não apresenta exigências construtivas em relação à sustentabilidade ambiental (sendo esta dimensão foco de estudo do presente trabalho), busca-se nesta tese preencher a lacuna da inexistência de requisitos construtivos nas legislações pertinentes, através do desenvolvimento de uma metodologia na forma de uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió/AL que possa contribuir com estratégias projetuais, como meio de auxiliar os profissionais da área na busca por projetos mais sustentáveis.

1.2 Hipóteses

As hipóteses levantadas pelo presente trabalho são:

- O nível de sustentabilidade para projetos de edificações residenciais em Maceió/AL pode ser averiguado a partir de uma ferramenta de avaliação, sob o ponto de vista ambiental, respeitando-se o contexto climático e de infraestrutura urbana local.
- A utilização de sistemas de certificação ambiental, sem ter uma adaptação para a cidade de sua aplicação, pode provocar uma classificação insuficiente e/ou equivocada do nível de sustentabilidade em projetos de edifícios residenciais.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver procedimento metodológico para elaboração de uma técnica de avaliação do nível de sustentabilidade ambiental em projetos de edificações residenciais para a cidade de Maceió/AL, que possa ser utilizada como instrumento de orientação para projetistas e à legislação municipal, com o intuito de estimular a prática de projetos residenciais ambientalmente mais sustentáveis.

1.3.1.1 Objetivos Específicos

- Identificar aspectos importantes relacionados à sustentabilidade ambiental para a avaliação de projetos residenciais no contexto da cidade em estudo;
- Definir estratégias projetuais para a cidade de Maceió/AL, referentes às condições climáticas e de infraestrutura urbana;

- Hierarquizar os critérios de sustentabilidade ambiental em projetos residenciais prioritários da cidade em estudo;
- Construir indicadores quantitativos e classificatórios de sustentabilidade que possibilitem a avaliação desses projetos em Maceió/AL.

1.4 Estrutura da Tese

A tese está estruturada em cinco capítulos. No primeiro, apresenta-se a introdução do trabalho contendo a contextualização da temática abordada, as hipóteses levantadas, os objetivos da tese e sua estruturação. O segundo capítulo é alusivo ao referencial teórico em que se fundamenta esta tese, composto por sete subseções: Sustentabilidade e o Ambiente Construído; O Projeto Arquitetônico Sustentável; Políticas Públicas, Leis e Normas para a Sustentabilidade Ambiental na Construção Civil; Ferramentas de Avaliação Ambiental para as Construções; Selos Municipais; Desenvolvimento de Ferramentas de Avaliação Ambiental para as Construções e Síntese Referencial Teórico.

O terceiro capítulo apresenta o método adotado no trabalho e seus respectivos procedimentos metodológicos para a adaptação das ferramentas de avaliação da sustentabilidade para edificações já existentes para a cidade de Maceió/AL com a utilização de metodologias de análise multicritérios: processo de análise hierárquica – AHP e sistema de inferência *fuzzy*.

O quarto capítulo, por sua vez, traz os resultados obtidos: a aplicação dos sistemas de certificação estudados na tese em projeto residencial selecionado para estudo de caso e análise dos resultados. A proposição de cinco categorias para a ferramenta proposta ASPRE, bem como seus objetivos, critérios e requisitos. A definição dos pesos das categorias e critérios. A aplicação da ASPRE no estudo de caso e a análise comparativa dos resultados obtidos. O quinto capítulo contém as considerações finais, as limitações da tese e as sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sustentabilidade e o Ambiente Construído

O modelo de desenvolvimento mundial existente na atualidade baseia-se em um crescente consumo de recursos naturais, com uma consequente degradação e poluição ambiental. O surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável veio da percepção desse problema, que possui escala global (MOTA; AGUILAR, 2009).

Jacobi, em 1999, já mostrava que o conceito de desenvolvimento sustentável surgia como meio de “frear” os impactos ambientais.

O quadro socioambiental que caracteriza as sociedades contemporâneas revela que o impacto dos humanos sobre o meio ambiente está se tornando cada vez mais complexo, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. O conceito de desenvolvimento sustentável surge para enfrentar a crise ecológica (...) (JACOBI, 1999, p.175).

Em 1987, foi divulgado o relatório *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum) também conhecido como relatório *Brundtland*¹, no qual o conceito de sustentabilidade foi retomado e definido, sendo este o “desenvolvimento de acordo com as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades” (NOSSO FUTURO COMUM, 1991, p.9).

O relatório “Nosso Futuro Comum” alerta sobre a necessidade de encontrar formas de desenvolvimento econômico que não precisem causar a redução drástica dos recursos naturais ou danos ao meio ambiente. Entende que o uso excessivo dos recursos naturais é um processo que vai provocar o colapso dos ecossistemas, e propõe que a busca de soluções seja tarefa comum a toda humanidade. Define também três dimensões essenciais a serem cumpridas para que se alcance o desenvolvimento sustentável: desenvolvimento econômico, proteção ambiental e equidade social, sendo que para cumprir estas condições, seriam indispensáveis

¹ Esse relatório é resultado do trabalho da comissão *World Commission on Environment and Development*, da ONU, presidida por Gro Harlem Brundtland e Mansour Khalid.

mudanças tecnológicas e sociais, tornando a questão do desenvolvimento sustentável um ciclo. Segundo Mota; Aguilar (2009) e Kuhlman; Farrington (2010), a sustentabilidade é alcançada através de um modelo de desenvolvimento que procura o bem-estar com o equilíbrio sociocultural, econômico e ambiental.

O conceito de desenvolvimento sustentável é primordial nas discussões dos governantes e pesquisadores sobre os caminhos que devem ser seguidos para o desenvolvimento (JACOBI, 1999; KUHLMAN, FARRINGTON, 2010). Segundo Souza; Awad (2012), a pauta da cidade dentro do contexto de desenvolvimento sustentável é de grande importância para o mundo. Os principais motivos para isso é o alto consumo de energia e o grande volume de resíduos gerados nas urbes.

A cidade é o modelo organizacional de vida em sociedade. O uso que é dado ao espaço urbano depende de suas características e passa por constantes mudanças e crescimento (SECOVI-SP; CBCS, 2011). “É um organismo vivo, criado e gerido pelo homem” (SOUZA; AWAD, 2012).

O processo de urbanização ocorrido no Brasil causou um aumento das cidades de forma desordenada e orgânica, com raras exceções, não conseguindo a estrutura citadina atender à demanda populacional (EDLER; RODRIGUES, 2013). As cidades nunca foram tão populosas como atualmente, aumentando assim o consumo dos recursos bem como a poluição. É importante que se busque a sustentabilidade urbana.

Com uma população cada vez mais urbana, as cidades tornam-se elementos-chave para o desenvolvimento sustentável global (SOUZA; AWAD, 2012). O crescimento urbano muda a paisagem. O espaço urbano é complexo, é um espaço de extensão de fronteiras móveis (AUGÉ, 2010). As informações circulam em grande velocidade, soluções arquitetônicas adotadas em países distantes, rapidamente são difundidas e importadas por outros. Mas será que essa fluidez de informações é benéfica? Como fica a demanda local?

O ambiente construído é um elemento fundamental na determinação da condição de vida. Como tal, é um fator importante para a valorização da qualidade do ambiente em que a sociedade vive e funciona (ISO 21.929-2, 2015). Para as cidades, a noção de sustentabilidade implica em uma relação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de desenvolvimento com capacidade de suporte (JACOBI, 1999).

Corroborando com o que foi citado anteriormente, Souza e Awad (2012)

afirmam que “o conceito de cidade sustentável reconhece que o meio urbano precisa atender aos objetivos sociais, ambientais, políticos e culturais, bem como aos objetivos econômicos e físicos de seus cidadãos”, não esquecendo a integração que deve existir entre o ambiente construído e o ambiente natural da região.

Segundo Edler e Rodrigues (2013), para se habitar nas cidades, existem direitos inerentes às pessoas que as habitam, são estes: condições dignas de vida, de exercitar plenamente a cidadania, de participar da gestão da cidade, de viver num meio ecologicamente equilibrado e sustentável. A Constituição Federal (BRASIL, 1988) diz em seu artigo 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. A construção de um meio sustentável depende de toda a sociedade: dos que estão no poder com a criação de meios para o alcance de cidades mais sustentáveis e do cidadão, contribuindo para a manutenção da mesma.

Para o Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA, 2007), as cidades são uma forma de desenvolvimento sustentável, pois permitem que em uma única estrutura se desenvolva as diversas atividades humanas. A questão chave é saber equilibrar a demanda existente com a disponibilidade dos recursos sem que haja uma redução para as gerações futuras.

O principal desafio nos dias atuais é que as cidades, independentemente do seu porte, criem condições para assegurar uma qualidade de vida que possa ser considerada aceitável, não interferindo negativamente no meio ambiente do seu entorno e agindo preventivamente para evitar a continuidade do nível de degradação, notadamente nas regiões habitadas pelos setores mais carentes (JACOBI, 1999, p.181).

No ano de 2007, o Fundo de População das Nações Unidas divulgou que a população mundial presente em centros urbanos atingiu a marca de 50% (UNFPA, 2007). Atualmente o Brasil apresenta taxa de população urbana de 84,35% (IBGE, 2010). Consequentemente deve-se dispor de uma maior atenção ao desenvolvimento da cidade, não apenas a seu crescimento físico, mas às condições que são oferecidas a seus habitantes para a obtenção de uma qualidade de vida. Segundo Souza; Awad (2012), “no Brasil ocorre uma inexistência e/ou ineficiência de planejamento urbano com falta de um Estado regulador e eficiente”. Para Sachs

(1993), devem-se buscar estratégias de desenvolvimento urbano com maior igualdade social, cuidado ecológico e eficiência urbana.

A criação de cidades sustentáveis depende de planejamento a nível local e regional. As políticas públicas devem se preocupar com questões como a implantação dos edifícios, transporte, entre outros. A integração do planejamento urbano com a arquitetura sustentável é importantíssima como forma de possibilitar a formação de comunidades mais sustentáveis. “As edificações bem inseridas em seu entorno são as que mais contribuem para a criação de um tecido urbano de alta qualidade” (KEELER; BURKE, 2010, p.224).

A construção civil é responsável por uma parcela significativa dos impactos causados ao meio ambiente oriundo de atividades humanas. Isso se percebe devido ao fato de suas atividades exigirem grande demanda de recursos naturais e sua produção, apesar de avanços, ainda não possuir tecnologia mais apropriada para sua execução, evitando assim um mínimo de degradação ambiental e geração de resíduos (GRAMACHO et al, 2013).

Em 2011, a construção civil mundial demandava 40% da energia e um terço dos recursos naturais; consumia 12% da água potável e produzia 40% dos resíduos sólidos urbanos. As edificações compõem as cidades e não podem ser apreciadas de forma separada do espaço urbano. Para o alcance de uma cidade mais sustentável, deve haver uma simbiose entre espaço urbano e projeto (CBCS; SECOVI-SP, 2011).

Geralmente, trata-se o projeto arquitetônico de edificações como algo independente da cidade, porém é no projeto do edifício que se configura a qualidade da inserção urbana, o que possibilita a construção de comunidades sustentáveis. A fase inicial do projeto deve ter como objetivo uma edificação comprometida com o meio, assegurando conforto ambiental ao usuário. Ao ser pensado de forma sustentável, o projeto arquitetônico possibilita uma construção e edificação mais sustentável. As definições a seguir de construção sustentável se complementam, mas deve-se considerar que toda obra irá causar um impacto ao meio, as construções sustentáveis são formas de mitigar esse impacto, portanto no presente trabalho adota-se a expressão construção mais sustentável.

A construção sustentável visa aumentar o desempenho do processo de construção, reduzindo a emissão de CO₂, uso de energia, geração de resíduos, entre outros. Com isso, melhora a qualidade dos edifícios e ao

mesmo tempo, reduz o impacto ao meio ambiente. (BINNEMARS; HALMAN; DURMISEVIC, 2012, p.52).

O edifício ambientalmente sustentável é aquele capaz de proporcionar benefícios na forma de conforto, funcionalidade, satisfação e qualidade de vida sem comprometer a infraestrutura presente e futura dos insumos, gerando o mínimo possível de impacto no meio ambiente e alcançando o máximo possível de autonomia (VIGGIANO, 2010, p.9).

Posto isto, nesta tese adota-se o conceito de que construções mais sustentáveis são edifícios que buscam mitigar os impactos ambientais em sua construção, sem deixar de proporcionar conforto e qualidade de vida ao usuário.

Na busca de soluções para construções mais sustentáveis, deve-se levar em consideração as dimensões da sustentabilidade - econômica, social e ambiental - que, na área da construção civil, atuam na maioria das vezes de forma conjunta. Para isso, segundo Gramacho et al. (2013), é necessário que as construções sustentáveis:

- Ofereçam um retorno financeiro favorável aos empreendedores;
- Sejam planejadas de tal forma que possuam maior área verde, gerem menos resíduos, consumam menos energia e água, otimizem o uso de materiais, tenham estrutura que possa ser reaproveitada ou reciclada após sua vida útil, além de possíveis ganhos econômicos através de benefícios ambientais; e
- Promovam o desenvolvimento econômico local, gerando emprego e aumentando a renda da população local.

As diretrizes supracitadas, ao serem aplicadas na prática, permitem que haja uma simbiose entre as dimensões social, econômica e ambiental. Os empreendedores e compradores do imóvel se beneficiam com a redução de custos no consumo de água e energia, por exemplo. Além disso, soluções projetuais mais sustentáveis ambientalmente buscam a qualidade do conforto para o usuário.

Quanto à dimensão econômica, sob a perspectiva de longo prazo inerente ao conceito de sustentabilidade, os custos durante o ciclo de vida da edificação devem ser levados em consideração (FIGUEIREDO; SILVA, 2012), verificando-se mais uma vez a importância do processo projetual no planejamento do edifício, visto que nessa fase pode ser delineado todo o ciclo de vida da edificação.

Também é na fase do projeto arquitetônico que ocorre a especificação de materiais, sendo um momento que demanda grande atenção do projetista. Os materiais produzidos localmente possibilitam a geração de emprego e renda local, devendo ser dada preferência ao seu consumo na obra, desde que sejam executados dentro dos princípios da sustentabilidade e estejam de acordo com as necessidades especificadas em projeto. A importância da valorização dos materiais locais implica em, além de adentrar a dimensão social (devido ao aumento de emprego na região), a não geração de outros impactos, como a necessidade de transporte de materiais a longa distância.

A construção civil é uma atividade que gera emprego em grande quantidade e, conseqüentemente, renda. Em 2010, a cadeia da construção produziu 9,2% do PIB nacional, empregando 10 milhões de pessoas (FIESP, 2010). Pesquisa apresentada pelo IBGE, a PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (IBGE, 2015), registra queda de 3,6% do PIB nacional e de 5,1% na atividade da construção civil em 2016. Mas apesar disso ainda continua sendo um setor que emprega milhões de pessoas.

Uma atividade mais sustentável deve propor a contratação de mão de obra local, prevendo um treinamento para uma melhor especialização de acordo com a técnica construtiva adotada. Esse aperfeiçoamento da mão de obra local gera uma melhoria nas condições de trabalho e uma maior satisfação na execução das atividades, havendo, conseqüentemente um aumento na qualidade de vida da comunidade.

A participação na construção da cidade é outro fator de motivação diante da contratação da mão de obra local, proporcionando um maior compromisso com a responsabilidade na execução da obra por parte dos trabalhadores. Segundo Figueiredo; Silva (2012), a implementação de meios de produção socialmente mais justos e equilibrados com as comunidades do entorno de inserção da obra produzem um desenvolvimento social dentro do setor da construção civil.

A dimensão social da sustentabilidade, na escala da edificação, não diz respeito apenas à mão de obra; a maximização da qualidade do ambiente interno (qualidade do ar, conforto térmico, luminoso e acústico) também é considerada dentro da dimensão social (FIGUEIREDO; SILVA, 2012), levando-se em consideração que o usuário será a pessoa que passará maior período utilizando a edificação.

De acordo com Keeler e Burke (2010), a qualidade do ambiente interno relaciona-se com as condições de conforto do usuário e a qualidade do espaço da edificação: temperatura, umidade, ofuscamento, acústica, acesso à luz natural, circulação do ar e qualidade do ar. Este último fator é importantíssimo observando sua relação direta com a saúde do usuário.

A dimensão ambiental, que é foco de estudo do presente trabalho, relaciona-se com as questões ligadas diretamente ao consumo e poluição dos recursos naturais (água, ar, terra). A construção civil está entre as ações humanas que mais consomem os recursos naturais e geram entulhos. Alguns levantamentos em canteiros de obra em Brasília-DF estimaram uma média de geração de entulho de 0,12 Ton/m² (GRAMACHO et al., 2013). O consumo de água se aproxima de 16% no panorama brasileiro da construção (ANA apud CETESB, 2010). Esses dados demonstram a necessidade de valorização da fase projetual como meio possibilitador de redução desses valores através da elaboração de um projeto mais sustentável.

Hoje são conhecidas algumas soluções sustentáveis para as edificações e suas práticas estão se tornando mais frequentes. Porém, é importante não apenas o uso isolado de cada uma, mas sim uma integração das mesmas para a obtenção final de um edifício mais sustentável. O uso de tetos verdes, sistemas de coletas de efluentes sanitários segregados, a utilização de materiais com certificação na sua produção, entre outros, são soluções possíveis de serem adotadas na fase de concepção projetual, juntamente com uma edificação implantada de acordo com as características locais, levando em consideração a demanda do projeto.

Segundo Figueiredo e Silva (2012), é fundamental que as especificidades do projeto sejam consideradas conjuntamente, mas processos convencionais apresentam sérias limitações para isso. Tal afirmação deve-se ao fato do projeto arquitetônico não “nascer” de forma integrada com os projetos complementares, sendo necessária a realização da compatibilização e, conseqüentemente de retrabalho para a realização dos ajustes necessários.

O projeto integrado contribui para uma edificação mais sustentável. “Edifícios sustentáveis são mais saudáveis, mais confortáveis ambientalmente, mais duráveis e mais eficientes energeticamente” (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014, p.10). As construções devem ser planejadas de tal forma que possam contribuir para a minimização de impactos ao ambiente, desde sua construção até seu uso final.

2.2 O Projeto Arquitetônico Sustentável

A adoção de técnicas e soluções para uma maior economia no uso da energia e da água é de fundamental importância para um projeto mais sustentável. Souza e Awad (2012) destacam que existem dificuldades para a promoção do desenvolvimento de projetos mais sustentáveis no Brasil: legislação de uso e ocupação do solo, adequação de infraestrutura urbana, preferência dos consumidores, são alguns dos pontos de conflito. O projetista tem que ter conhecimento das exigências legais para a construção no local onde será implantada a obra e procurar conciliar com soluções que busquem uma edificação mais sustentável.

Os sistemas prediais necessitam serem concebidos tanto para satisfazerem o habitante assim como para contribuírem para a promoção da sustentabilidade do habitat. Neste cenário encontra-se o projetista, cuja missão é atender os anseios sociais e ambientais, em meio a emergentes avanços tecnológicos (SANTOS, 2002, p. 9).

O ato de projetar está intimamente ligado à capacidade de se minimizar impactos ao ambiente. Para um projeto mais sustentável, deve-se prever uma relação entre os constituintes da edificação, os usos de água e energia, assim como os materiais empregados, elementos que devem ser pensados de tal forma que se evite o impacto sobre as gerações futuras, com relação aos recursos naturais.

Para promover a sustentabilidade em projetos é necessário ter conhecimento e fazer uso do projeto integrado de edificações, que vem sendo considerado um importante recurso para o cumprimento das dimensões preconizadas no conceito de sustentabilidade (FIGUEIREDO; SILVA, 2012). Para Malcom (2004) o projeto integrado é definido como um processo pelo qual todas as variáveis do projeto (estrutura, elétrica, arquitetônico, entre outros) são consideradas e solucionadas em conjunto.

Uma vez que cada decisão de projeto tem inúmeras consequências, e não um efeito isolado, o projeto integrado de qualidade demanda o entendimento das inter-relações de cada um dos materiais, sistemas e elementos espaciais (KEELER; BURKE, 2010, p.17). Esse método de projeto implica em mudanças desde a organização de documentos até o treinamento dos operários no canteiro de obras (SALGADO; CHATELET; FERNANDEZ, 2012, p.82).

A escolha dos produtos e materiais para uma obra sustentável deve obedecer a critérios específicos como origem da matéria-prima, extração, processamento, gastos com energia para transformação, emissão de poluentes, biocompatibilidade, durabilidade, qualidade, dentre outros, que permitam classificá-los como sustentáveis e elevar o padrão da obra, bem como melhorar a qualidade de vida de seus usuários/habitantes e do próprio entorno.

Essa seleção de produtos e materiais também deve atender parâmetros de inserção, estando de acordo com a geografia circundante, história, tipologias, ecossistema, condições climáticas, resistência (intempéries, pragas, esforço), responsabilidade social, dentre outras leituras do ambiente de implantação da obra.

A fase projetual é o momento apropriado para decidir as características da obra, quais prioridades ambientais a serem estabelecidas. Essa fase necessita receber uma maior importância e tempo para sua realização. Para a execução de um projeto integrado de edificações, há necessidade de uma equipe multidisciplinar para sua execução onde cada membro tenha um papel e uma especialização bem definidos, mas com uma visão geral do todo. Essa equipe deve estar definida desde o início das atividades, e deve ser composta também pelo proprietário, construtor, usuários, além dos profissionais especializados na área (KEELER; BURKE, 2010; FIGUEIREDO; SILVA, 2012).

Salgado (2008) observava, na década passada, uma prática de projeto fragmentada, onde os diferentes profissionais são contratados em momentos distintos e no final um coordenador de projetos tem que fazer a compatibilização dos mesmos, prevendo ajustes quando necessário. O processo projetual ocorre dessa forma ainda nos dias atuais, contribuindo para uma prática projetual não sustentável.

A realização de um projeto com alta qualidade ambiental implica a integração entre as decisões projetuais e, conseqüentemente, a integração entre os profissionais das diferentes especialidades de projeto. Essa integração, por sua vez, implica uma revisão dos procedimentos de trabalho normalmente adotados pelas empresas de projeto, acostumadas ao processo linear e sequencial, que não mais atende às exigências do projeto para uma edificação sustentável (SALGADO; CHATELET; FERNANDEZ, 2012, p. 89).

Na prática de projeto integrado de edificações, os objetivos básicos da sustentabilidade que se almeja alcançar no edifício a ser projetado devem ser definidos no início. Logo, há uma necessidade de tempo maior na fase de estudos

preliminares, onde se definirão quais e como serão alcançados tais objetivos (KEELER; BURKE, 2010). A prática atual de projeto destoa do supracitado, pois se verifica uma curta fase projetual com um período maior de execução do edifício sendo necessário, na maioria dos casos, ajustes projetuais e na obra.

2.3 Políticas Públicas, Leis e Normas para a Sustentabilidade Ambiental na Construção Civil

Vários são os instrumentos previstos na legislação que devem ser utilizados para a proteção ambiental e salutar do desenvolvimento da cidade. As políticas públicas, através das leis, podem fazer com que as construções sustentáveis tornem-se padrões construtivos obrigatórios. Ao englobar exigências construtivas sustentáveis em códigos de obras dos municípios, ao incentivar e disseminar a adoção de soluções projetuais sustentáveis com descontos em impostos. As normas, com sua função de orientar a cerca de um assunto determinado, permitem maior acuidade e confiabilidade das técnicas construtivas ditas sustentáveis, facilitando o fomento de seu uso.

O principal instrumento legislativo para as cidades é o plano diretor. O plano diretor é a viga-mestra de toda a organização ambiental urbana. Tal instrumento está previsto na Constituição Federal (BRASIL, 1988), no art. 182, em seu § 1º, segundo o qual “o plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana”.

No direito das pessoas em habitar as cidades, constituem o centro das atenções condições dignas de vida, de exercer plenamente a cidadania, de ampliar os direitos fundamentais (individuais, econômicos, sociais, políticos e ambientais), de participar da gestão da cidade, de viver num meio ecologicamente equilibrado e sustentável (EDLER; RODRIGUES, 2013).

Em Maceió/AL, o Plano Diretor do município (MACEIÓ, 2005), em seu artigo 18, afirma que a organização do território municipal deve ser disciplinada de modo a assegurar o equilíbrio ambiental, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, inclusive da região metropolitana. Em seu artigo 24 determina os objetivos gerais para o desenvolvimento de Maceió/AL, sendo eles:

- I – promover o desenvolvimento sustentável, integrado ao patrimônio natural;
- II – recuperar as áreas degradadas a fim de elevar a qualidade do meio ambiente;
- III – valorizar e preservar o patrimônio cultural;
- IV – promover o saneamento ambiental.

Porém, em seu artigo 23, discorre que a implantação de qualquer projeto público ou privado, no Município, deverá obedecer às disposições e aos parâmetros urbanísticos e ambientais estabelecidos na legislação municipal vigente, sendo este o Código de Urbanismo e Edificações de Maceió. Salienta-se que em tal legislação não estão previstos parâmetros construtivos, ficando sob responsabilidade do projetista obedecer as normas vigentes, em especial para a obtenção da ventilação e iluminação naturais. No tópico 2.4.1 será descrito com mais detalhes o Código de Edificações e Urbanismo de Maceió (MACEIÓ, 2007).

Percebe-se claramente a importância da sustentabilidade ambiental das construções para o alcance dos objetivos descritos no Plano Diretor do Município (MACEIÓ, 2005). Possuindo esses preceitos como base, deve-se buscar meios viáveis para o alcance dos mesmos.

As políticas de construção sustentável, os pedidos de licença e os códigos de obras são maneiras de tirar o projeto sustentável de esfera de iniciativas voluntárias e levá-lo para as políticas públicas obrigatórias (KEELER; BURKE, 2010, p. 54).

Keeler e Burke (2010) já verificavam a falta de uma legislação mais definida para que as construções tivessem seus projetos mais sustentáveis, essa é uma lacuna percebida ainda hoje. As normas vigentes possibilitam a criação de políticas públicas que incentivem construções mais sustentáveis nas cidades, podendo ser utilizadas como base para uma regularização das obras civis.

A legislação tributária é importante quando aliada à legislação urbanística como forma de incentivar a promoção da sustentabilidade urbana (BAHIA, 2012). Nesse contexto, a redução de impostos é uma política de incentivo para que a população tenha um maior interesse em utilizar métodos construtivos sustentáveis em suas residências. Isso é possível, por exemplo, com a diferenciação de alíquota de IPTU - Imposto Predial e Territorial Urbano.

Alguns governos estaduais e municipais têm implementado leis que visam apresentar diretrizes calcadas em conceitos e sistemas, para dar início a um processo de controle e sustentabilidade urbanos. Em muitas cidades, por exemplo, já existe o IPTU verde, que possibilita obter descontos no imposto desde que se comprovem a adoção de soluções sustentáveis ambientalmente na construção.

Leis municipais discorrem sobre como é possível obter o benefício de desconto e qual o seu valor de acordo com o que é comprovado. Alguns municípios já possuem leis que regulamentam esse benefício, como em Guarulhos/SP - Lei nº 6.793 (GUARULHOS, 2010), Curitiba/PR - Lei nº 9.806 (CURITIBA, 2000), Sorocaba/SP - Lei nº 9.571 (SOROCABA, 2011) dentre outros.

Em Guarulhos/SP, o desconto no IPTU está exposto no artigo 61, da Lei 6.793/10 (GUARULHOS, 2010) e diz que é concedido desconto de até 20% (vinte por cento) no valor do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana anual devido, pelo período de cinco exercícios consecutivos, para os imóveis edificadas que adotem duas ou mais medidas das descritas na referida lei.

Em Salvador/BA, o IPTU verde segue um programa de pontuação. O desconto é dado de acordo com a pontuação obtida/selo alcançado, existindo as categorias bronze, prata e ouro, sendo os descontos de 5%, 7% e 10% respectivamente. A regularização está no Decreto Nº 25.899 de 24 março de 2015 (SALVADOR, 2015).

Algumas regiões do Brasil iniciaram a implementação de medidas compensatórias sustentáveis em suas legislações, como por exemplo, Recife e o estado da Paraíba, por meio de leis municipais 18.111/2015 (RECIFE, 2015) e 18.112/2015 (RECIFE, 2015) e da lei estadual 10.047/2013 (PARAÍBA, 2013), respectivamente. Tais medidas são constituídas pelo planejamento de controle de águas pluviais em escala de bacia hidrográfica, na tentativa de compensar os efeitos da urbanização e envolver aspectos da sustentabilidade.

Em Recife/PE, a Lei Municipal 18.112/2015 (RECIFE, 2015) incentiva o plantio de gramas, hortaliças, arbustos e árvores de pequeno porte nas lajes dos edifícios. O objetivo do projeto é aumentar as áreas verdes e diminuir os efeitos do calor, pois para os fins desta Lei, "Telhado Verde" é uma camada de vegetação aplicada sobre a cobertura das edificações, como também sobre a cobertura da área de estacionamento, e piso de área de lazer, de modo a melhorar o aspecto paisagístico, diminuir a ilha de calor, absorver parte percentual do escoamento

superficial e melhorar o microclima local. Além disso, na referida lei está prevista a construção de reservatórios para captação de água da chuva, em novos imóveis residenciais e comerciais, com área de solo acima de 500m² e que tenham 25% do terreno impermeabilizado.

A lei nº 18.111/2015 (RECIFE, 2015), tem o objetivo de ampliar as áreas verdes ao redor de parques e praças. Os novos empreendimentos para terrenos, ao redor de 340 praças e parques, tem que manter um recuo de dois metros na parte da frente dos edifícios para arborização. Porém, para isso são permitidas concessões que devem ser estudadas com o intuito de não ocasionar mais problemas ambientais que benefícios.

A lei estadual nº 10.047/2013 (PARAÍBA, 2013), dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação "telhado verde" em edificações que possuam 3 ou mais edifícios agrupados podendo ser de uso residencial ou não. Possuindo como conceito de telhado verde uma cobertura de vegetação arquitetada sobre laje de concreto ou cobertura, de modo a melhorar o aspecto paisagístico, diminuir a ilha de calor, absorver o escoamento superficial, reduzir a demanda de ar-condicionado e melhorar o microclima com a transformação do dióxido de carbono (CO₂) em oxigênio (O₂) pela fotossíntese.

O município de São Paulo, através da Lei nº 14.459/2007 (SÃO PAULO, 2007), exige que todas as novas residências com quatro ou mais banheiros (incluindo lavabos) devam contar com sistema de aquecimento solar de água. Casas e apartamentos com três banheiros também devem fazer a entrega do imóvel com a infraestrutura para futura instalação do equipamento (tubulação de água quente e espaço na cobertura para o kit). Em Vitória/ES, a Lei nº 4.857/1999 (VITÓRIA, 1999) dispõe sobre a obrigatoriedade da medição individualizada do consumo de água nos edifícios residenciais multifamiliares; a Lei nº 6.259/2004 (VITÓRIA, 2004) dispõe sobre o reúso de água não potável, proveniente das estações de tratamento de esgoto, pela própria municipalidade, para lavagem de ruas, praças, irrigação de jardins.

Sabe-se que essas leis têm fragilidades e contradições, mas pretende-se demonstrar com a explanação das referidas leis, a existência de meios para a promoção de uma cidade mais sustentável, sendo possível a constituição de uma política pública de incentivo para uma maior adesão pela sociedade às construções residenciais mais sustentáveis, através de uma legislação que as regulamente,

levando em consideração a importância da sustentabilidade em nível não apenas local, mas, sim, global.

Salienta-se que são iniciativas recentes demonstrando a preocupação da gestão pública atual com as questões de sustentabilidade. Percebe-se que no caso dos incentivos fiscais falta ainda uma maior divulgação para o conhecimento da população e, conseqüentemente, uma maior adesão. Nota-se que alguns municípios brasileiros vêm optando por criar decretos ou leis complementares, ao invés de revisar as legislações básicas de construção – códigos de obras, visando adotar princípios de sustentabilidade. Trata-se de um começo, porém é preciso avançar para que as construções mais sustentáveis saiam da esfera voluntária.

2.3.1 Códigos de Obras

A legislação pertinente às recomendações construtivas dos municípios é o código de obras. O código de obras estabelece as disposições gerais que regulam a aprovação de projetos, o licenciamento de obras e a execução, manutenção e conservação delas nos municípios, sem prejuízo das normas estaduais e federais aplicáveis. É importante seu atendimento para que as edificações sejam projetadas e erigidas dentro dos pré-requisitos legais. Exigências de caráter sustentável nas legislações são meios de obrigatoriedade para a construção de edificações mais sustentáveis ambientalmente.

O IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal, em parceria com a Eletrobrás, desenvolveu, em 2012, um guia técnico para elaboração e atualização dos códigos de obras e edificações (BAHIA, 2012). Segundo a referência supracitada, o código de obras tem impacto direto no ambiente urbano sendo, portanto, um meio de garantia do direito a cidades sustentáveis.

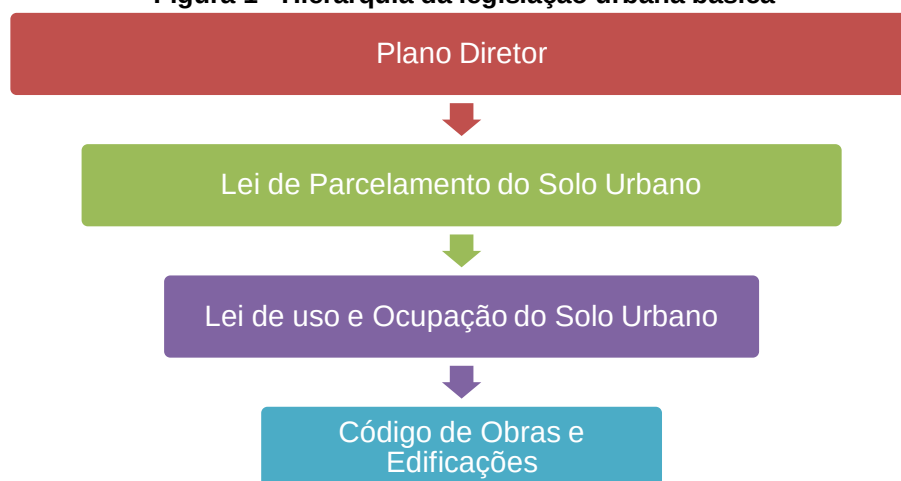
O guia técnico IBAM/Eletrobrás (BAHIA, 2012) traz orientações para que os gestores promovam mudanças nas legislações de tal forma que observem o contexto climático do município bem como os interesses e necessidades da população. Aborda questões como mudanças climáticas, conforto ambiental, eficiência energética, acessibilidade e habitações de interesse social. Tal recomendação embasa a necessidade de definição dos critérios mais prioritários

para cada cidade, demonstrando que na maioria das vezes a problemática é a mesma diferindo no seu grau de relevância.

O Código de Obras e Edificações, como um instrumento de gestão urbana e parte de um sistema integrado com outros instrumentos urbanísticos, só cumprirá plenamente seu objetivo quando inserido e operado no contexto do planejamento e da gestão focados no princípio da promoção da sustentabilidade ambiental urbana (BAHIA, 2012, p.22).

Ainda de acordo com o guia técnico IBAM/Eletróbrás (BAHIA, 2012), existe uma hierarquia dentro da legislação urbanística que pode ser observada na Figura 1. Percebe-se aí o Código de Obras como instrumento real para o alcance das metas propostas nas legislações hierarquicamente superiores ao mesmo, já que é nele que devem ser encontrados os meios/forma de cumprimento das definições estabelecidas nas legislações citadas anteriormente.

No contexto internacional já existem códigos de obras que englobam exigências para que as construções se tornem mais sustentáveis. Em 2008, em São Francisco (Califórnia/EUA), foram integrados padrões de construções sustentáveis ao código de edificações e o mesmo é atualizado a cada três anos. Na cidade de Pasadena (Califórnia/EUA), todas as edificações residenciais com quatro ou mais pavimentos devem cumprir com exigências sustentáveis legais e na cidade de Pleasanton (Califórnia/EUA), edificações com mais de 185m² também devem seguir recomendações sustentáveis, entre outras cidades. Nos Estados Unidos e Canadá, prefeituras aprovaram legislações ou incentivos relacionados à edificação sustentável (KEELER; BURKE, 2010). Os padrões de construções sustentáveis adotados nas legislações baseiam-se no sistema LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*.

Figura 1 - Hierarquia da legislação urbana básica

Fonte: Adaptado de Bahia (2012).

No contexto nacional, os códigos de obras da maioria das capitais brasileiras possuem apenas definições para a obtenção adequada de estratégias de iluminação e ventilação naturais nas construções. De forma ainda muito incipiente, alguns fazem menção ao termo “sustentabilidade”, como em Natal/RN, cujo código de obras possui capítulo específico que versa sobre tecnologias ambientais sustentáveis (NATAL, 2004). Em Salvador/BA, no mesmo contexto regional, há um estudo para a inclusão de parâmetros de eficiência energética no seu código de obras que estava vigente desde 1988 (SALVADOR, 1988). Em 5 de setembro de 2017, a Câmara Municipal de Salvador aprovou o novo Código de Obras, porém sem a inclusão dos parâmetros de eficiência energética.

Ao se observar os códigos de obras e edificações das capitais brasileiras percebe-se uma ausência no tocante a exigências sustentáveis para as construções. Souza (2015) também traz essa afirmação em seu trabalho onde busca demonstrar a necessidade da adoção de critérios sustentáveis no código de obras de Vitória/ES. Todos os códigos analisados foram elaborados entre 1976 e 2007, com exceção dos novos Códigos de Obras de São Paulo e Salvador, ambos aprovados no ano de 2017. No Quadro 1 verificam-se as principais aceções quanto a aspectos de sustentabilidade ambiental definidos nos Códigos de Obras das capitais da região Nordeste do Brasil (informações coletadas até 2016).

Quadro 1 - Códigos de Obras e Edificações das capitais da região Nordeste do Brasil e suas diretrizes para construções sustentáveis.

REGIÃO NORDESTE	MUNICÍPIO	ANO	DIRETRIZES SUSTENTÁVEIS (CONFORTO AMBIENTAL)
	ARACAJU	2000	Define condições de iluminação e ventilação naturais através de determinação de tamanho de aberturas, áreas por ambiente, condições de iluminação.
	JOÃO PESSOA	1971	Subseção VIII – Iluminação e Ventilação; Preconiza a Ventilação permanente mesmo com as esquadrias fechadas; Define áreas por ambiente; Define condições das áreas livres para ventilar e iluminar a edificação.
	SÃO LUÍS	1976	Art. 38 - No caso de residências será exigido para efeito de insolação que os dormitórios não tenham face voltada para as direções inconvenientes do sol, e que deverão obedecer aos recuos mínimos exigidos conforme zona em estejam localizados. Define o dimensionamento de aberturas para insolação, ventilação e iluminação dos ambientes nos artigos 39 a 43.
	FORTALEZA	1981	Capítulo XV – Insolação, Iluminação e Ventilação dos Compartimentos, seção IV faz a relação do piso para o dimensionamento das aberturas; Capítulo XVI - Conforto e higiene dos compartimentos define em seu Art. 139 que os compartimentos e ambientes deverão proporcionar conforto térmico e proteção contra a umidade obtidos pela adequada utilização e dimensionamento dos materiais constitutivos das paredes, cobertura, pavimento e aberturas
	SALVADOR	1988	Capítulo II – Insolação, Iluminação e Ventilação; em seus artigos determina como deverão ser previstas as aberturas em projeto; na Seção II – Vãos e Iluminação e Ventilação preconiza o cálculo de dimensionamento mínimo das aberturas.
	RECIFE	1997	Capítulo III – Iluminação e Ventilação, nas seções III e IV dimensiona as aberturas para as condições de aproveitamento da ventilação e iluminação naturais. Possui anexo para o cálculo desse dimensionamento.
	NATAL	2004	Capítulo específico – Insolação, Iluminação e Ventilação definindo área por ambiente e suas dimensões mínimas; em seu cap. V determina o aproveitamento das condições naturais para a implantação do edifício no terreno e dimensiona o tamanho das aberturas para ventilação e iluminação; Capítulo VII - Tecnologias Ambientais Sustentáveis, aborda sobre diretrizes da coleta de lixo e também possui diretrizes de Licenciamento Ambiental.
	TERESINA	2007	Capítulo XIII – Insolação, Iluminação e Ventilação, define as condições para o aproveitamento da ventilação e iluminação natural; Em seu anexo 2 dimensiona áreas mínimas dos compartimentos e os vãos para iluminação, ventilação e insolação.
	MACEIÓ	2007	Capítulo II – Iluminação e Ventilação (o atendimento aos níveis de iluminação, ventilação e acústica, é de competência e responsabilidade dos profissionais que subscrevem o projeto)

Fonte: Elaborado pela autora

Constata-se, de acordo com Quadro 1, que as principais diretrizes sustentáveis encontradas dizem respeito ao conforto ambiental, particularmente às condições de iluminação e ventilação das edificações. Na Lei Municipal nº 5.593, de

08 de fevereiro de 2007 (MACEIÓ, 2007), que institui o Código de Urbanismo e Edificações do município de Maceió/AL, cidade em estudo, observa-se que não há exigências construtivas que incentivem práticas para uma edificação mais sustentável. Em seu Capítulo II, Da Ventilação e da Iluminação, Seção II, Dos vãos de Iluminação e Ventilação, o artigo 319 determina que o atendimento aos níveis de iluminação, ventilação e acústica é de competência e responsabilidade dos profissionais que subscrevem o projeto, não havendo dimensionamentos mínimos exigidos pela legislação local.

No Rio de Janeiro/RJ, existe um projeto de lei (RIO DE JANEIRO, 2013) para atualização do Código de Obras e Edificações desde 2013, porém, até julho de 2017 ainda não tinha sido aprovado. Possui uma parte específica acerca de sustentabilidade, acessibilidade e segurança das edificações, preocupando-se também com a qualidade e conforto dos usuários.

Em maio de 2018 foi aprovado novo Código de Obras e Edificações para Brasília/DF (DISTRITO FEDERAL, 2018), substituindo o antigo código vigente desde 1998 (DISTRITO FEDERAL, 1998). Apesar de ter uma seção intitulada da “Qualidade do Ambiente Construído”, é muito generalista no incentivo às construções mais sustentáveis. Afirma que as construções novas podem participar de um programa de incentivo à qualidade do ambiente construído, conforme legislação específica, no qual deve ser utilizado, no mínimo, um dos critérios entre os seguintes: eficiência energética; impacto na paisagem e no meio ambiente; eficiência hídrica; uso de fontes renováveis de energia.

O papel das políticas públicas e legislações referentes às construções se destacam pela garantia de edificações melhores no futuro. Isoladamente, as políticas públicas não são capazes de gerar mudanças necessárias, porém podem contribuir para a quebra de paradigmas. Nota-se que mesmo os códigos de obras nas capitais aqui citadas que estão passando por processo de atualização ainda não incorporam diretrizes mais efetivas, como as observadas em outros países (Estados Unidos, Inglaterra, Canadá), para a adoção concreta de ações que permitam uma construção mais sustentável ambientalmente, sendo esta uma lacuna importante a ser solucionada para que seja possível o alcance da sustentabilidade nas construções e, conseqüentemente, nas cidades.

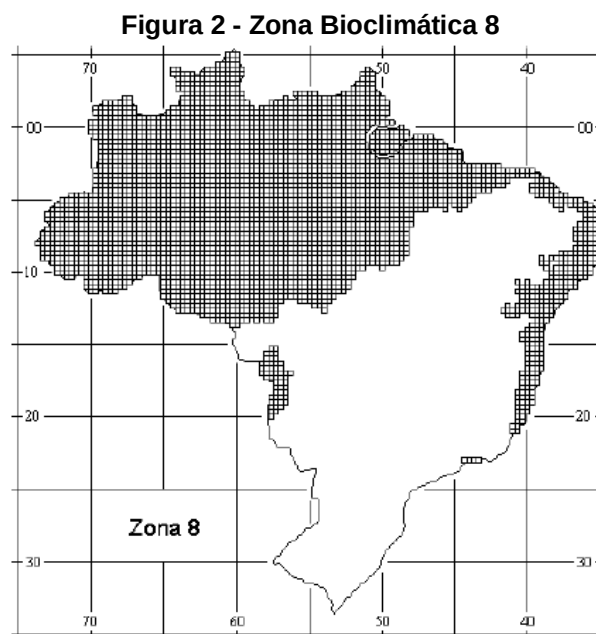
2.3.2 As Normas Brasileiras

2.3.2.1 A NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações, parte 3

A NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações, parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social (ABNT, 2005), apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Ao mesmo tempo em que estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, traz recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo.

Apesar de ser direcionada para habitações de interesse social, a ausência de recomendações no tocante às demais tipologias de construções, faz com que essa norma seja amplamente utilizada em diversas situações (AMORIM; CARLO, 2017). O zoneamento bioclimático brasileiro divide o território em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima. Incorpora em uma mesma zona (zona 8) a cidade em estudo, Maceió/AL, juntamente com outras cidades das regiões Norte e Nordeste do país (Figura 2). A zona bioclimática 8 totaliza 53,7% do território nacional.

Bogo (2016), diz que falta uma classificação mais adequada para as cidades quanto ao zoneamento bioclimático brasileiro visto que há uma junção de cidades numa mesma zona bioclimática com altitude e rigor térmicos bastante distintos. Considerando que as regiões inseridas dentro de uma mesma zona são distintas sob o ponto de vista bioclimático, a norma pode estabelecer recomendações que não são as mais adequadas e/ou insuficientes à realidade climática local. Segundo Roriz apud Amorim; Carlo (2017), desde a publicação da NBR 15220 (ABNT, 2005), inúmeras críticas ao zoneamento surgiram referentes à imprecisão na caracterização climática das cidades brasileiras.



Fonte: NBR 15.220-3 (ABNT, 2005)

Estudos que tratam de zoneamento bioclimático mostram-se como importante elemento de melhoria para o entendimento dos climas locais e, conseqüentemente, para o ato de projetar de forma adequada. Porém, até o fim do século passado a cobertura do território brasileiro por estações meteorológicas era pouca, fazendo com que existissem várias lacunas referentes a medições de dados climáticos satisfatórios na área de arquitetura e engenharia (AMORIM; CARLO, 2017, p. 374).

Na zona bioclimática 8 estão situadas a maioria das capitais brasileiras. Propõem-se como recomendações construtivas, levando em consideração a arquitetura bioclimática: aberturas grandes (maior que 40% da área do piso) e sombreadas; construção com paredes externas leves e refletoras ($U \leq 3,6 \text{ W/m}^2.\text{k}$; $\phi \leq 4,3\text{h}$ e $FS \leq 4\%$) e cobertura leve e refletora ($U \leq 2,3 \text{ W/m}^2.\text{k}$; $\phi \leq 3,3\text{h}$ e $FS \leq 6,5\%$). Onde U é expresso por fluxo de calor transmitido por unidade de área e por unidade de diferença de temperatura.

A estratégia recomendada para o verão para a zona bioclimática 8 é a ventilação cruzada permanente. Contudo, consta na NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) que o condicionamento passivo será insuficiente nas horas de calor elevado. Passos (2009) verificou em seu trabalho que o sombreamento das aberturas recomendado pela Norma em questão está de acordo com a cidade estudada, Maceió/AL, porém, além de sombrear as aberturas. Tibúrcio (2018) afirma que devem ser observados os tipos, tamanhos e localização das esquadrias a serem utilizadas para haver de fato um aproveitamento da ventilação natural.

A NBR 15.220 (ABNT, 2005) não diferencia os períodos (diurno/noturno, verão/inverno) para utilização da ventilação natural na zona bioclimática 8, e não faz referências quanto à tipologia das aberturas. Sendo assim, tornam-se necessários estudos complementares que busquem estratégias que levem em consideração as especificidades de cada cidade.

Estão ocorrendo discussões desde janeiro de 2012, sobre a necessidade de aperfeiçoamento do Zoneamento Bioclimático do Brasil². Roriz apud Amorim e Carlo (2017) ressalta que as críticas realizadas são justificadas, pois se referem à imprecisão na caracterização climática de cidades brasileiras.

O território brasileiro é extenso e possui uma larga diversidade climática com particularidades para cada região, o que demonstra a necessidade de identificação dessas características e, conseqüentemente, do agrupamento de suas principais zonas bioclimáticas, para se formularem diretrizes construtivas para cada uma dessas zonas (AMORIM; CARLO, 2017, p.374).

Fica evidente a importância da atualização da norma de zoneamento bioclimático brasileiro (ABNT, 2005), visto que outras normas e sistemas de certificações ambientais fazem uso da referida norma para a verificação de quais estratégias bioclimáticas devem ser adotadas a depender do lugar de inserção do edifício.

2.3.2.2 Norma de Desempenho - NBR 15.575

Está em vigor desde julho de 2013 a Norma de Desempenho – NBR 15.575/2013 (ABNT, 2013). A referida norma busca pela qualidade das edificações habitacionais, tendo como objetivo definir a qualidade técnica mínima requerida ao estabelecer regras para avaliação do desempenho de imóveis habitacionais, possibilitando adequações nos procedimentos de execução, uso e manutenção dos imóveis. Sua primeira versão data do ano de 2008. Salienta-se que seu cumprimento é obrigatório desde julho de 2013.

O conjunto normativo NBR 15.575 – Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013), traz o conceito de desempenho de edificações habitacionais, de modo a atender e cumprir às exigências dos usuários ao longo dos anos, desde que

² Informação sobre a atualização do zoneamento bioclimático brasileiro obtida em http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/Climas_v3.pdf. Acesso em 18/09/2017, às 11:28.

seja realizada sua manutenção e observado seu tempo de vida útil. A especificação de materiais e sistemas deve ser baseada no desempenho requerido durante a vida útil da construção e visa proteger o usuário final, dentro do tempo de utilização mínimo definido.

A Norma 15.575 (ABNT, 2013) foi redigida segundo modelos internacionais de normalização de desempenho. O conjunto normativo compreende seis partes:

- Parte 1: Requisitos gerais;
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas; e
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) faz referência a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), ao utilizar o zoneamento bioclimático brasileiro. O desempenho do edifício pode ser classificado como mínimo, intermediário e superior, e deve ser definido já na fase de projeto. A norma exige a obrigatoriedade do atingimento de pelo menos nível mínimo em cada critério. Cada parte da NBR 15.575 (ABNT, 2013) foi organizada por elementos da construção para edificações residenciais, percorrendo uma sequência de exigências com base no usuário relativas à segurança, habitabilidade e sustentabilidade, relacionadas a seguir:

- Segurança
 1. Segurança estrutural;
 2. Segurança contra o fogo;
 3. Segurança no uso e na operação.
- Habitabilidade
 1. Estanqueidade;
 2. Desempenho térmico;
 3. Desempenho acústico;
 4. Desempenho lumínico;

5. Saúde, higiene e qualidade do ar;
 6. Funcionalidade e acessibilidade;
 7. Conforto tátil e antropodinâmico.
- Sustentabilidade
 1. Durabilidade;
 2. Manutenibilidade;
 3. Impacto ambiental.

Além disso, a NBR 15.575 (ABNT, 2013) define diretrizes para implantação e características do entorno para edifícios ou conjuntos habitacionais, os projetos de arquitetura, da estrutura, das fundações, contenções e outras eventuais obras geotécnicas devem ser desenvolvidas com base nas características do local da obra (topográficas, geológicas), avaliando-se convenientemente os riscos de deslizamentos, enchentes, erosões e outros.

Os projetos complementares e arquitetônicos devem ainda prever as interações entre construções próximas, considerando-se convenientemente as eventuais sobreposições de bulbos de pressão, efeitos de grupo de estacas, rebaixamento do lençol freático e desconfinamento do solo em função do corte do terreno. Tais fenômenos também não podem prejudicar a segurança e a funcionalidade da obra, bem como de edificações vizinhas, pois se sabe que o desempenho de uma edificação está intimamente associado a todos os projetos de implantação e ao desempenho das fundações.

A Norma de Desempenho (ABNT, 2013) trata apenas do condicionamento natural do ambiente. Faz uma avaliação do desempenho de acordo com propriedades térmicas das fachadas e coberturas. Os métodos alternativos para avaliação do desempenho térmico das paredes das fachadas e da cobertura são baseados no atendimento a norma NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), que define os valores para transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) das paredes e coberturas. Estes valores variam em função do material definido em projeto. Quando não atendidos os valores correspondentes a este parâmetro, deverá ser realizado o método de avaliação por simulação computacional (ABNT, 2013).

Para o desempenho térmico, a Norma de Desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013) afirma que no verão, para a zona bioclimática 8, região de estudo do presente trabalho, o valor máximo da temperatura interna na edificação tem que ser menor ou

igual o valor máximo da temperatura externa a edificação para obtenção de um desempenho mínimo aceitável. No Quadro 2 podem-se observar os níveis de desempenho mínimo, intermediário e superior. Para o inverno, na zona bioclimática 8, não há exigências quanto ao desempenho térmico. A NBR 15.575-4 (ABNT, 2013), no critério para capacidade térmica das paredes externas, também não faz requisições para os locais situados na zona bioclimática 8.

Quadro 2 - Níveis de desempenho térmico por zonas bioclimáticas para verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$	$T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$
I	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2^{\circ}\text{C})$	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 1^{\circ}\text{C})$
S	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 4^{\circ}\text{C})$	$T_{i, \max} \leq (T_{e, \max} - 2^{\circ}\text{C})$ e $T_{i, \min} \leq (T_{e, \min} + 1^{\circ}\text{C})$
$T_{i, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e, \max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; $T_{i, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius; $T_{e, \min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius; NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.		

Fonte: NBR 15.575-1 (ABNT, 2013).

Para critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica, a Norma de Desempenho (ABNT, 2013) não faz exigências quanto à capacidade térmica, para cobertura com telhas cerâmicas, mesmo sem a presença de forro, situação esta inadequada para a zona bioclimática 8, pois as mesmas não proporcionam um retardo térmico mínimo, que contribua para a redução das temperaturas internas do ar nos ambientes abaixo das mesmas (BOGO, 2016).

Quanto ao requisito aberturas para ventilação, a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) preconiza que a edificação habitacional deve ter aberturas com dimensões adequadas nos ambientes de permanência prolongada, devem obedecer à legislação específica do local da obra, incluindo códigos de obras, códigos sanitários e outros. Quando não houver exigências de ordem legal para o local de implantação da obra, devem ser adotadas aberturas grandes com valores de área maior ou igual a 8% da área do piso, para a zona bioclimática 8 e cidades localizadas na região Nordeste, sendo este um valor abaixo do que a norma 15.220-3 (ABNT, 2005) recomenda.

Para o desempenho lumínico, exigem-se níveis mínimos (M) de iluminação natural e artificial (Quadro 3 e Quadro 4). Na norma 15.575 (ABNT, 2013)

encontram-se determinados também níveis intermediário (I) e superior (S) de desempenho.

Quadro 3 - Níveis de iluminação natural exigidos pela NBR 15.575-1 (ABNT, 2013)

Dependência	Iluminamento geral para os níveis de desempenho lux		
	<i>M*</i>	<i>I</i>	<i>S</i>
Sala de estar; Dormitório; Copa / cozinha; Área de serviço.	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos	Não exigido	≥ 30	≥ 45
* Valores mínimos obrigatórios, conforme 13.2.1. NOTA 1: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima (diferença máxima de 20% em qualquer dependência). NOTA 2: Os critérios desta Tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural. NOTA 3: Deve-se verificar e atender as condições mínimas exigidas pela legislação local.			

Legenda: (M) Mínimo; (I) Intermediário e (S) Superior

Fonte: NBR 15.575-1 (ABNT, 2013)

Quadro 4 - Níveis de iluminação para iluminação artificial exigidos pela NBR 15.575-1 (ABNT, 2013)

Dependência	Iluminamento geral para os níveis de desempenho lux		
	<i>M*</i>	<i>I</i>	<i>S</i>
Sala de estar Dormitório Banheiro Área de serviço Garagens/estacionamentos internos e cobertos	≥ 100	≥ 150	≥ 200
Copa/cozinha	≥ 200	≥ 300	≥ 400
Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios)	≥ 100	≥ 150	≥ 200
Garagens/estacionamentos descobertos	≥ 20	≥ 30	≥ 40

Legenda: (M) Mínimo; (I) Intermediário e (S) Superior

Fonte: NBR 15.575-1 (ABNT, 2013)

Quanto ao desempenho acústico, a NBR 15.575 (ABNT, 2013) preconiza que a edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas. No Quadro 5 observa-se as exigências de isolamento acústico em relação à vedação externa.

Quadro 5 - Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2013)

A edificação deverá atender um número mínimo de unidades para pessoas com deficiência física ou mobilidade reduzida e as áreas comuns deverão ser adaptadas conforme a norma NBR 9050 (ABNT, 2015) para atender aos requisitos de acessibilidade.

A norma 15.575 (ABNT, 2013) determina que o sistema predial de água fria e quente deve fornecer água na vazão, pressão e volume compatíveis com o uso, no entanto, os fluxos de duchas e chuveiros devem ser reguláveis. As tubulações e peças dos sistemas de água fria ou quente devem ser compatíveis e possibilitar a troca e manutenção pelo usuário.

Quanto ao esgotamento sanitário, a Norma de Desempenho (ABNT, 2013) preconiza que as águas servidas provenientes dos sistemas hidrossanitários devem ser encaminhadas às redes públicas de coleta e, na indisponibilidade destas, deve-se utilizar sistemas que evitem a contaminação do ambiente local. Como sugestão indica que as instalações hidrossanitárias adotem soluções que minimizem o consumo de água e possibilitem o reúso, reduzindo a demanda da água da rede pública de abastecimento e minimizando o volume de esgoto conduzido para tratamento.

Para as instalações elétricas prescreve que as mesmas devem privilegiar a adoção de soluções que minimizem o consumo de energia, entre elas a utilização de iluminação e ventilação natural e de sistemas de aquecimento baseados em energia alternativa.

Quanto à seleção e consumo de materiais, a Norma de Desempenho (ABNT, 2013) recomenda que os empreendimentos sejam construídos mediante exploração e consumo racionalizado de recursos naturais, objetivando a menor degradação ambiental, menor consumo de água, de energia e de matérias-primas. Na medida das possibilidades, devem ser privilegiados os materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais à sua utilização final. Aconselha-se a utilização de madeiras cuja origem possa ser comprovada mediante apresentação de certificação legal ou proveniente de plano de manejo aprovado pelos órgãos ambientais.

A aplicação da norma se dá por meio de métodos de avaliação ora prescritivos, ora de desempenho que conferem níveis mínimos de atendimento às exigências dos usuários. Os métodos de avaliação determinados pela referida norma baseiam-se em outras normas que descrevem parâmetros específicos para cada sistema analisado.

Oliveira (2014, p.92) faz uma análise da NBR15.575 (ABNT, 2013) e afirma que:

As exigências de desempenho estão voltadas para o comportamento em uso da edificação, ou seja, contemplam iniciativas definidas em projeto, mas que serão avaliadas a partir da ocupação do empreendimento. Sendo assim, o objetivo da norma é estabelecer o desempenho das edificações não só em projeto, mas sim mantendo a qualidade da moradia durante sua vida útil.

Ainda segundo Oliveira (2014), a norma contempla o tema relacionado às questões de sustentabilidade de forma restrita, pois considera não ser possível estabelecer critérios e métodos de avaliação relacionados à expressão desse impacto ambiental. Para isso, faz algumas recomendações generalizadas a serem solucionadas em nível projetual. No entanto, as recomendações específicas para construções sustentáveis não têm um valor de obrigatoriedade e nem conferem um desempenho mínimo.

Evidencia-se que a norma engloba no quesito sustentabilidade parâmetros de durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental. Porém não discorre como alcançar essa sustentabilidade. Ela permite verificar o desempenho dos sistemas da construção (pisos, estruturas, vedações e cobertura), consentindo que seus

parâmetros normativos sejam utilizados já que a mesma foi criada visando o bem-estar do usuário.

2.4 Desenvolvimento de Ferramentas de Avaliação Ambiental para Construções

A ênfase adotada por cada sistema de certificação depende das características locais do país de origem e também é fundamentada nas prioridades ambientais, nos métodos construtivos, entre outros fatores (SILVA, 2013; SILVA, SILVA, AGOPYAN, 2003). Edifícios nacionais certificados com sistema de avaliação ambiental internacionais não correspondem essencialmente às necessidades e à realidade local, no nível da cidade (SILVA, 2013). Atualmente, critérios comuns ainda não foram definidos a nível global e existem enormes diferenças entre as necessidades ambientais de uma região para outra, de modo que um edifício avaliado como sustentável em um país pode alcançar uma baixa pontuação de sustentabilidade em outro (MATTONI et al, 2018).

Apesar de existirem diferenças entre os indicadores das diversas metodologias de avaliação da sustentabilidade em edificações, percebe-se que a maioria engloba as seguintes questões-chave: consumo de recursos, eficiência energética e da água, qualidade do ar interior, conforto e os custos de ciclo de vida. Os principais critérios para a avaliação de construções sustentáveis, segundo a ISO 21929-1 (ISO, 2011), que trata da sustentabilidade na construção civil, determinando a estrutura para o desenvolvimento de indicadores da sustentabilidade para edifícios encontram-se no Quadro 6.

Quadro 6 - Principais critérios para a avaliação de construções sustentáveis

Impactos								
Indicadores	Ambiental		Econômico		Social			
	Mudanças climáticas	Outros Impactos ambientais	Valor Econôm.	Produtividade	Saúde	Satisfação	Equidade	Valor Cult.
Localização								
Acesso transporte público								
Acessibilidade para locomoção a pé ou								

bicicleta								
Impactos								
Indicadores	Ambiental		Econômico		Social			
	Mudanças climáticas	Outros Impactos ambientais	Valor Econôm.	Produtividade	Saúde	Satisfação	Equidade	Valor Cult.
Acesso a áreas verdes e espaços abertos								
Proximidade a serviços básicos								
Manutenção da qualidade do ambiente construído								
Terreno								
Selagem do solo								
Reúso do terreno								
Impactos na vizinhança								
Condições externas								
Acessibilidade e do terreno								
Valor do terreno x proteção ambiental								
Existência espécies raras								
Construção								
Uso de recursos e lançamento de emissões prejudiciais								
Condições internas								
Qualidade interna do ar								
Segurança								
Capacidade de manutenção								
Adaptabilid.								
Acessibilid.								
Análise do ciclo de vida								
Manutenção								

Fonte: ISO 21929-1, 2011.

Segundo Siche et al. (2007), um dos aspectos críticos de um índice de sustentabilidade é a metodologia adotada, tanto para sua determinação, quanto para sua leitura e interpretação. Independente da escolha, esta deve ser clara e transparente, não deixando dúvidas sobre quais os princípios que estão na base do processo.

Os sistemas de certificação ambiental de edifícios podem ser separados em grupos, de acordo com algumas de suas especificidades. Ainda segundo Bragança; Mateus; Koukkari (2010), as certificações podem ser destinadas a escalas de diferentes análises: projeto, construção de produto, elementos de construção e relação com o entorno. Observando os objetivos dos mais importantes sistemas e ferramentas de apoio à sustentabilidade, diferenciam-se três tipos:

- Sistemas para gerenciar o desempenho da construção (projeto baseado no desempenho);
- Sistemas de avaliação do ciclo de vida da edificação;
- Classificação da construção sustentável e sistemas de certificação.

Segundo Bragança; Mateus e Koukkari (2010), essas técnicas de avaliação são baseados em regulamentações ou normas e na construção de soluções convencionais. O peso e/ou pontuação de cada critério e indicador na avaliação é pré-definido de acordo com contextos socioculturais, ambientais e econômicos do país (MATEUS, 2009). Corroborando com esta informação, Kang; Lee e Kim (2016) afirmam que a definição das categorias e critérios de uma metodologia de avaliação da sustentabilidade deve ser tomada com base em situações regionais, através de revisão de literatura, coleta de dados e análise do contexto. Como o Brasil possui uma grande dimensão territorial, cidades com características climáticas, geográficas e culturais bem distintas, a adoção de parâmetros definidos no contexto nacional para todas as suas cidades pode favorecer a obtenção de um resultado não totalmente fidedigno da realidade.

Apesar de não haver dúvidas que existem alguns parâmetros que são mais importantes para a sustentabilidade de que outros, ainda não há método que permita a definição consensual do peso relativo de cada um (MATEUS, 2009, p.127).

Zarghami et al (2018) em seu trabalho para o desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação de sustentabilidade para projetos residenciais no Irã, verificou que diversos estudos mostravam a importância da participação de profissionais da área na formulação de tais ferramentas. Concluiu que a participação de especialistas: governo, construtores, arquitetos, engenheiros e acadêmicos estavam envolvidos no processo de desenvolvimento de instrumentos de avaliação internacionais como Leed, SBTool, BREEAM e CASBEE.

Aqui no Brasil, para os sistemas de certificação estudados, também houve a participação de especialistas através da formação de comitês com profissionais de diversas áreas. Para os autores Alwaer; Sibley e Lewis apud Zarghami et al (2018), a razão para isso é que a participação de especialistas é o meio para a especificação dos pontos de referência para a classificação de categorias e critérios.

Zarghami et al (2018) citam em seu trabalho que foi realizado um estudo comparativo entre diferentes metodologias de análise multicritério e concluíram que o método AHP – Processo de Análise Hierárquica – é fácil de usar, escalável e a estrutura hierárquica pode ser facilmente ajustada para problemas de diferentes dimensões.

A escala de valores discretos apresentada por Saaty e usada no método AHP tem como vantagem a simplicidade de seu uso, entretanto, a mesma tem sido genericamente criticada por não lidar com as incertezas e as ambiguidades presentes no momento da atribuição de tais pesos aos critérios e alternativas (CHAN; KUMAR, 2007).

Assim, o entendimento de que existe grande imprecisão no julgamento dos indivíduos serviu como elemento motivador para a introdução do sistema de inferência *fuzzy* na presente tese, tal sistema faz uso da inteligência artificial. Esta teoria é uma extensão da lógica booleana, que incorpora valores parciais de verdade. Em vez das proposições serem "completamente verdadeiras" ou "completamente falsas", elas recebem um valor que representa seu grau de verdade (Malutta, 2004).

Portanto, o desenvolvimento das ferramentas acima mencionadas confirma que profissionais especializados na área estão inclusos nesse processo. Diante disto, o presente trabalho fez uso do conhecimento de especialistas (arquitetos e engenheiros civis) para a definição da valoração dos pesos das categorias e seus critérios.

Buscou-se a utilização de uma metodologia que permitisse quantificar em valores os julgamentos qualitativos dos especialistas. Na literatura consultada encontram-se estudos que utilizam metodologias de análise multicritério como forma de solucionar essa questão (Quadro 7). Deve-se salientar que a implementação do método AHP é fácil por usar planilha eletrônica, já a lógica *fuzzy* exige software específico com alto valor comercial.

Quadro 7 – Trabalhos que utilizam metodologia de análise multicritério

AUTOR	TEMÁTICA	METODOLOGIA	ANO
Marchezetti; Kaviski; Braga	Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares	AHP	2011
Mattana et al	Análise hierárquica para escolha entre agregado natural e areia de britagem de rocha para confecção de argamassas de revestimento.	AHP	2012
Santos; Cruz	Tomada de Decisão para Seleção de Sistemas de Lajes de Edifícios Comerciais	AHP	2013
Botelho	Sustentabilidade de empreendimentos habitacionais populares através do desenvolvimento de uma ferramenta de análise	<i>Fuzzy</i>	2013
Ghehi; Jafari; Malekmohammadi	Avaliação de Risco Ferroviário utilizando o MATLAB: um estudo de caso no Irã, Ferrovia Qazvin-Zanjan	AHP e <i>Fuzzy</i>	2013
Barbosa et al	O Uso da Análise Hierárquica como Auxílio na Tomada de Decisão de Políticas Públicas em Energia Solar Considerando Aspectos de Sustentabilidade	AHP	2014
França	Indicadores integrados de sustentabilidade e análise de decisão multicritério de barragens subterrâneas no estado do Ceará	AHP	2016
Bansal; Biswas; Singh	Abordagem de decisão <i>fuzzy</i> para seleção do método de construção mais adequado de construções sustentáveis	<i>Fuzzy</i>	2017
Zarghami et al	Customizando ferramentas de avaliação de sustentabilidade bem conhecidas para o sistema iraniano edifícios residenciais	AHP <i>Fuzzy</i>	2018

Fonte: Elaborado pela autora.

2.4.1 Metodologias de Análise Multicriterial

As metodologias de análise multicriterial surgiram na década de 70 e buscam mensurar fatores e critérios utilizando variáveis de ordem qualitativa. Segundo Zarghami et al (2018), essas metodologias têm sido consideradas um meio proeminente para resolver problemas de tomada de decisão relacionados a múltiplos critérios e têm sido amplamente utilizadas em sistemas de avaliação de sustentabilidade. Esses métodos permitem utilizar o conhecimento para transformar critérios subjetivos em quantitativos e permitem definir uma hierarquização entre os critérios analisados.

Estes métodos fizeram uso dos recursos da psicologia quantitativa, já lidam com processos cognitivos e escalas de valores ancoradas em subintervalos, para expressar a preferência com relação a aspectos subjetivos (FRANÇA, 2016, p.64).

Existem diversos métodos de análise multicriterial, a adequação ou não de sua aplicação vai depender do problema para qual está sendo buscada a solução. Assim, não há um método definitivo, deve-se verificar na literatura qual método está sendo adotado para a problemática em questão, que neste trabalho refere-se as ferramentas de avaliação ambiental para construções. Desta forma um dos métodos muito citados na literatura consultada foi o método de análise hierárquica e sistema de inferência *fuzzy*.

2.4.1.1 O Método de Análise Hierárquica (AHP)³

O AHP é um método multicritério de auxílio à decisão, proposto por Saaty nos anos 1970. Segundo Saaty (1991), três princípios são usados pela ferramenta AHP para solucionar os problemas: o primeiro é o princípio da decomposição que é aplicado para construir uma hierarquia com elementos em níveis independentes e sucessivos; o segundo é o princípio dos julgamentos comparativos que é aplicado para construir uma comparação par a par através de uma matriz recíproca de

³ Apesar do autor tratar como metodologia, a AHP, de forma conceitual, trata-se de uma técnica.

importância relativa. O vetor principal obtido na matriz é que indicará a ordem de prioridade dos critérios. O terceiro e último princípio é sintetizar as prioridades.

Segundo Santos e Cruz (2013), o AHP é um dos principais modelos matemáticos aplicado no apoio à decisão. Fundamentado em uma metodologia científica, o método permite analisar, determinar e decidir os diversos critérios que influem na tomada de decisão e, conseqüentemente, gerar informações que auxiliem o decisor eleger e/ou hierarquizar a melhor das alternativas propostas, com base nos critérios analisados.

O principal benefício do AHP é a capacidade de lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

“O método AHP permite que elementos distintos e, frequentemente, incomensuráveis sejam comparados entre si de maneira racional e consistente, fato que o distingue de outros métodos convencionais de tomada de decisão” (FRANÇA, 2016, p.66).

A técnica AHP preocupa-se com problemas complexos de forma simplificada e permite utilizar critérios quantitativos e qualitativos em uma mesma análise. Baseia-se em uma unidade responsável pela tomada de decisão, que pode ser composta por um único indivíduo ou por um grupo deles, chamado de decisor (COSTA, 2002).

O principal diferencial do AHP com relação a outras técnicas comparativas está em sua capacidade de conversão de dados empíricos em modelos matemáticos (VARGAS apud SANTOS; CRUZ, 2013). Os critérios na técnica AHP são comparados entre si dois a dois, o que introduz um componente subjetivo no modelo. Isto é, os critérios e pesos são resultados de julgamentos humanos, não simplesmente informações matemáticas. A hierarquia do AHP permite que elementos distintos sejam comparados entre si de maneira racional e consistente.

De acordo com Saaty (1991), o método AHP aproveita a capacidade humana de fazer julgamentos, mesmo quando duas variáveis são incomparáveis, com o conhecimento e a experiência das pessoas, podendo reconhecer qual dos critérios é mais importante.

A metodologia possui uma escala de valores para que seja possível a comparação par a par dos critérios. A partir dessa escala de Saaty (Tabela 1), é construída uma matriz de comparação (Figura 3). Atribuindo valores que variam entre 1 a 9, a escala determina a importância relativa de uma alternativa com

relação à outra, na qual 1 corresponde a igualmente preferido e 9 a extremamente preferido, conforme apresentado na Tabela 1.

Usualmente, procura-se utilizar os números ímpares da tabela para assegurar razoável distinção entre os pontos da medição. O uso dos números pares só deve ser adotado quando existir a necessidade de negociação entre os avaliadores e quando o consenso natural não for obtido (SAATY, 1980). É importante salientar que esta escala atualmente está incorporada na *American Society for Testing and Materials* - ASTM E 1765 (2011), que é uma norma que trata da aplicação da AHP para tomada de decisões em investimentos relacionados a construções e sistemas construtivos.

Tabela 1 - Escala de relativa importância de Saaty.

ESCALA	AVALIAÇÃO NUMÉRICA	RECÍPROCO
Extremamente preferido	9	1/9
Muito forte a extremo	8	1/8
Muito fortemente preferido	7	1/7
Forte a muito forte	6	1/6
Fortemente preferido	5	1/5
Moderado a forte	4	1/4
Moderadamente preferido	3	1/3
Igual a moderado	2	1/2
Igualmente preferido	1	1

Fonte: (SAATY, 2005)

A matriz de comparação (Figura 3) é preenchida comparando-se os critérios que aparecem na coluna da esquerda em relação aos critérios que aparecem na linha superior. Quando o especialista acredita que a importância do item da linha é maior que o da coluna, este deve preencher a matriz com $1/X$, sendo X =valor da escala de Saaty. Assim, um critério que seja extremamente preferido em relação a outro, ao se fazer a comparação inversa na matriz, o critério preterido terá uma classificação de $1/9$, o recíproco.

Deve-se fazer a leitura da matriz da seguinte forma: O C1 é igualmente preferido a C1; C1 é moderadamente, fortemente, muito fortemente ou extremamente preferido a C2; C1 é moderadamente, fortemente, muito fortemente ou extremamente preferido a C3. E assim segue para a comparação par a par de C2 e de C3. Para um melhor entendimento da metodologia, foi exemplificado o cálculo de uma matriz gerada no presente trabalho no tópico 4.2.

**Figura 3 - Matriz comparativa
(supondo que o C1 domina o C2)**

Crítérios	C1	C2	C3
C1	1	X	1/X
C2	1/X	1	X
C3	X	1/X	1

Fonte: Adaptado de Santos e Cruz (2013)

Através de comparações, o especialista irá determinar a importância de um critério em relação ao outro, o que permitirá a realização da hierarquização dos mesmos. Por isso, nesta etapa de comparações, o conhecimento do especialista desempenha um importante papel (SANTOS; CRUZ, 2013).

O primeiro passo para a aplicação da técnica AHP é definir os critérios a serem analisados; depois de definidos, elabora-se a matriz de comparação. Seu preenchimento deve ser feito pelo tomador(es) de decisão. No método AHP, a importância está na especialidade do(s) tomador(es) de decisão e não na quantidade. Uma única pessoa pode responder a matriz gerada, desde que seja considerada especialista. Mattana et al (2012), por exemplo, utilizou um grupo de quatro pessoas como tomadores de decisão. Grünberg; Medeiros e Tavares (2014) realizaram um trabalho com um grupo de 14 tomadores de decisão. França (2016) teve 11 tomadores de decisão em seu estudo.

Para interpretar e dar os pesos relativos a cada critério é necessário normalizar a matriz comparativa, para isso deve-se seguir as etapas abaixo:

- Dividir cada valor das células da matriz pelo valor da somatória de sua coluna;
- Fazer a somatória dos valores de cada linha;
- Dividir o valor da somatória das linhas pelo número de critérios avaliados;
- Multiplicar o resultado por cem para obter o percentual de importância de cada critério.

Dessa forma, tem-se o cálculo do vetor de Eigen⁴ ($\lambda M_{\text{Áx}}$), assim é obtida a hierarquização dos critérios. Segundo Saaty (1991), os valores encontrados para o vetor de Eigen têm significado físico direto no AHP. Ele determina a participação ou o peso daquele critério no resultado total da meta.

Para ter certeza de que o método foi bem sucedido, deve-se verificar o índice de consistência das respostas dadas pelo tomador(es) de decisão. É importante ressaltar que as respostas devem ser pensadas em conjunto já que se o critério C1 é mais preferível que C2 e C2 é mais preferível que C3, seria inconsistente afirmar que C3 é mais preferível que C1. Segundo Saaty (2005), o cálculo do índice de consistência é dado pela seguinte equação:

$$CI = \lambda M_{\text{Áx}} - n / n - 1 \quad (1)$$

Onde: CI é o índice de consistência, n é o número de critérios avaliados e $\lambda M_{\text{Áx}}$ o vetor de Eigen.

Visando verificar se o valor encontrado do índice de consistência (CI) é adequado, Saaty (2005) propôs uma relação de consistência randômica (CR), que é determinada pela razão entre o valor do índice de consistência (CI) e o índice de consistência randômica (RI), conforme a expressão:

$$CR = CI / RI \quad (2)$$

Ressalta-se que CR não pode ser maior que 0,1 (10%). O índice de consistência randômica (RI) é um valor constante e depende da dimensão da matriz que se está comparando, ou seja, do número de critérios avaliados, conforme a Tabela 2. Quando o resultado do cálculo da consistência randômica obtêm valores maiores que 0,10, recomenda-se uma revisão da matriz de comparação, junto ao tomador(es) de decisão.

⁴ O vetor de Eigen apresenta os pesos relativos entre os critérios e é obtido de modo aproximado através da média aritmética dos valores de cada um dos critérios, ou seja, calcula-se o valor médio em cada linha da matriz normalizada para obter o peso relativo (SANTOS; CRUZ, 2013).

Tabela 2 - Valores de IR para matrizes de ordem n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,5

Fonte: Saaty (1980, p.21)

2.4.1.2 Lógica *Fuzzy*

Essa teoria foi estudada primeiramente por Lofti A. Zadeh, nos anos 1960, para tratar do aspecto vago da informação (ARAÚJO JÚNIOR, 2007; CAMPOS FILHO, 2004). Ela verifica o grau de pertinência de um elemento em relação ao conjunto, ou seja, o quanto “é possível” esse elemento poder pertencer ao conjunto.

Em sistemas *fuzzy*, o grau de incerteza ou de precisão é chamado de grau de pertinência, variando no intervalo $[0,1]$ e podendo ser obtido por uma função de pertinência, no qual o número “0” significa o falso absoluto, o “1” a verdade absoluta e os números entre eles o grau que uma afirmação pode ser considerada verdade (BARROS; BASSANEZI, apud SOARES, 2015). Assim, o componente de um conjunto *fuzzy* não serve para confirmar ou negar, mas sim para graduar, possibilitando a representação de conceitos imprecisos, sem perder a precisão matemática no tratamento.

Ao utilizar modos de raciocínio aproximados, ao invés de exatos, a lógica *fuzzy* reporta muito mais informações quando comparada à lógica clássica, pois permite a descrição de um determinado fato com maior riqueza de detalhes - devido às graduações apresentadas - favorecendo menor perda de informações e maior coerência com a realidade em questão. Além disso, viabiliza a solução de problemas até então intratáveis por técnicas clássicas, pois permite redução da complexidade (MALUTTA, 2004). A lógica *fuzzy* é uma técnica de inteligência artificial onde consegue-se o cruzamento de diversos cenários em busca de um resultado.

Segundo Santos (2009), diversos autores afirmam que há um grande volume de estudos que envolvem essa metodologia, principalmente em processos que exigem a tomada de decisões e controle. Um conjunto *fuzzy* pode ser definido matematicamente como a atribuição possível para cada elemento no universo em consideração, do seu grau de adesão a uma proposição. Esta proposta rompe com a ideia de que algo pode ser classificado dentro de uma fronteira fixa e precisa.

Sendo assim, a ideia de pertinência faz parte da caracterização do conjunto *fuzzy* que representa uma generalização da ideia apresentada pelos conjuntos da lógica tradicional. O conjunto *fuzzy* é completamente caracterizado pela definição de um intervalo de pertinência que varia de zero (0) a um (1), sendo 1 pertencendo 100%, 0 pertencendo 0% e o intervalo entre 0 e 1 pode assumir valores infinitos adotando graus de pertinência individuais. Assim, os valores desse intervalo podem ser considerados como medidas que expressam a possibilidade de um dado elemento ser membro de um conjunto *fuzzy*. Logo, uma sentença pode ser “parcialmente verdadeira e parcialmente falsa”. Desse modo a teoria *fuzzy* é dada pela seguinte função de pertinência:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (3)$$

Sendo : $\mu_A(x): 1$ se $X \rightarrow [0,1]$ indica que x é completamente compatível com A ;
 $\mu_A(x): 0$ se $X \rightarrow [0,1]$ indica que x é completamente incompatível com A
 $0 < \mu_A(x) < 1$ se $X \rightarrow [0,1]$ indica que x é parcialmente compatível com A

Em que X é o universo e A é o subconjunto *fuzzy* de X . Essa função associa a cada elemento x de X o grau $\mu_A(x)$, com o qual x pertence a A .

A representação acima indica o grau com que um elemento x pertence ao subconjunto A , grau este que pode assumir infinitos valores no intervalo $[0,1]$. A representação formal como um conjunto é:

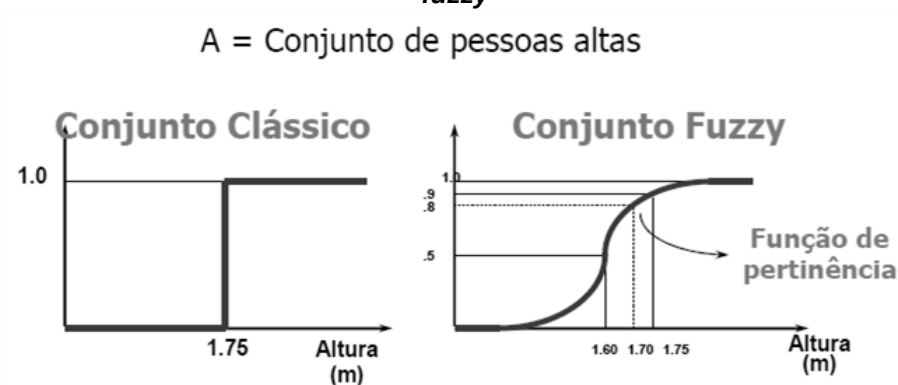
$$A = \{x(\mu_A(x)) \mid x \in X, \mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \} \quad (4)$$

Para expressar conceitos é muito comum o uso de elementos qualitativos ao invés de valores quantitativos. Elementos típicos incluem "mais ou menos", "alto", "não muitos", "médio", etc. Estas ideias são capturadas pela definição de variável linguística. Uma variável linguística tem por característica assumir valores dentro de um conjunto de termos linguísticos, ou seja, palavras ou frases. Assim, ao invés de assumir instâncias numéricas, uma variável linguística assume instâncias linguísticas. Por exemplo, uma variável linguística “Conservação de Energia” poderá assumir como valor um dos membros do conjunto (não atendido, parcialmente atendido, totalmente atendido). Para se atribuir um significado aos termos linguísticos, associa-se cada um destes a um conjunto *fuzzy* definido sobre um universo de discurso comum (SOUZA, 2016, p.65).

Um exemplo citado por Santos (2009) é o arco-íris que é visualizado apresentando diversas cores com tons mais fortes ao centro e extremidades graduadas, bem na passagem de uma cor para outra. Delimitar a cor de forma precisa é difícil porque os tons se sobrepõem o que torna difícil caracterizar precisamente cada cor. A definição desses limites poderia ser dada por variáveis qualitativas do tipo “menos vermelho” ou “mais verde”.

Para melhor exemplificar pode-se observar o comportamento em um conjunto clássico e em um conjunto *fuzzy* de um conjunto de pessoas altas (Figura 4). Considerando que quem tem 1,75m, teria 100% de pertinência ao conjunto de indivíduos altos para o conjunto clássico, para o conjunto *fuzzy* há uma função de pertinência que determina, por exemplo, uma probabilidade de 50% de quem tem 1,60m de altura fazer parte do conjunto de pessoas altas, quem tem 1,70m possui uma probabilidade de 80% e com 1,75m de altura o grau de pertinência é de 90%. É desse modo que a lógica *fuzzy* gera resultados, através de uma função de pertinência.

Figura 4 – Exemplo gráfico do comportamento de um conjunto clássico e de um conjunto *fuzzy*



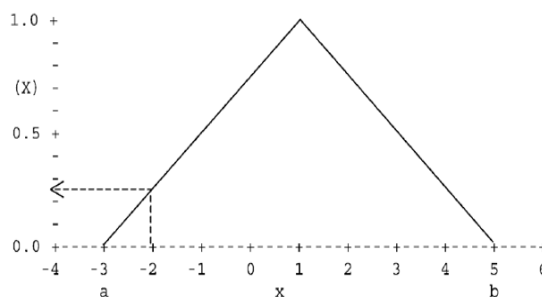
Fonte: <http://professorluizalberto.com.br/joomla30/images/2016-2/LgicaFuzzy.pdf>. Acesso em 25/05/2018, às 9:12h

2.4.1.2.1 Funções de pertinência

A função de pertinência reflete o conhecimento que se tem em relação à intensidade com que o objeto pertence ao conjunto *fuzzy*. Existem várias formas de representar uma função *fuzzy* de pertinência, sendo que, as mais usuais são a triangular, gaussiana, trapezoidal, sigmóide bipolar, S e quadrática, sendo todas definidas no intervalo de pertinência de 0 a 1. A Figura 5 mostra a função a

triangular e sua representação matemática. Na função triangular, os números *fuzzy* começam a subir a partir de zero $x = a$; atingir um máximo de 1 em $x = b$; e declínio para zero em $x = c$. Em seguida, a função de um número *fuzzy* triangular é representada na equação (5) ou (6).

Figura 5 – Representação da função triangular



Fonte: SILER e BUCKLEY, 2005, p. 40

$$\text{trimf}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, x \leq a \\ (x - a)/(b - a), a < x \leq b \\ (c - x)/(c - b), b < x \leq c \\ 0, x > c \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{trimf}(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x - a}{b - a}, \frac{c - x}{c - b}\right), 0\right) \quad (6)$$

Uma representação matemática semelhante pode ser feita para as funções gaussiana, trapezoidal, sigmóide bipolar, S e quadrática. A função de pertinência irá refletir o grau de pertinência do elemento x para o conjunto *fuzzy* sendo importante escolher qual função representa melhor o objeto de estudo, atualmente essa escolha pode ser baseada em trabalhos da literatura. Nesta tese, as funções de associação triangular são usadas para cada conjunto difuso assim como Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013) e Botelho (2013) fizeram em seus trabalhos.

Segundo Amendola et al. (2005), os módulos que seguem indicam a metodologia para a construção desta função:

- a) Módulo de *fuzzificação*: é o que modela matematicamente a informação das variáveis de entrada por meio de conjuntos *fuzzy*. É neste módulo que se mostra a grande importância do especialista do processo a ser analisado, pois a cada variável de entrada devem ser atribuídos termos linguísticos que representam os estados desta variável e, a cada termo linguístico, deve ser associado um conjunto *fuzzy* por uma função de pertinência;
- b) Módulo da base de regras: é o que constitui o núcleo do sistema. É neste módulo onde conectam as variáveis e suas classificações linguísticas;
- c) Módulo de inferência: é onde se definem quais são os conectivos lógicos usados para estabelecer a relação *fuzzy* que modela a base de regras. É deste módulo que depende o sucesso do sistema *fuzzy* já que ele fornecerá a saída (decisão) *fuzzy* a ser adotado a partir de cada entrada *fuzzy*;
- d) Módulo de *defuzzificação*: que traduz o estado da variável de saída *fuzzy* para um valor numérico.

Segundo Soares (2015), são utilizados diversos termos para gerar valores compostos, e eles podem ser divididos nas seguintes categorias:

- a) Termos Primários que dão nomes aos conjuntos *fuzzy* específico de um determinado universo (por exemplo, pequeno, grande, médio, alto, baixo, zero).
- b) Lógicos, que são a negação “não”, os conectivos “e” e “ou”, e os conectivos mascarados, como “mas” e “porém”.
- c) Modificadores que são: “pouco”, “levemente”, “como muito”, extremamente.
- d) Delimitadores que são os parênteses, por exemplo.

As variáveis linguísticas têm como principal função fornecer uma caracterização aproximada de fenômenos mal definidos e ou complexos de forma sistemática. Isto permite a utilização da descrição linguística empregada pelos seres humanos para o tratamento de sistemas que são muito mais complexos para serem analisados através de mecanismos matemáticos convencionais (SOARES, 2015).

Essa gama de opções possibilita que a lógica *fuzzy* possa interpretar matematicamente variáveis reais como temperatura, tempo através de termos linguísticos como baixo, médio, alto, mau, bom, excelente, estável e instável. De

acordo com Thé apud Santos (2009), para a aplicação da metodologia *fuzzy* devem ser seguidas as seguintes etapas:

- Definir o problema;
- Definir os conjuntos difusos e suas variáveis linguísticas;
- Definir as regras difusas;
- Construir o sistema;
- Testar e validar o sistema;
- Fazer os ajustes no sistema.

Após definido o problema a ser modelado, são determinados os conjuntos e sua função de pertinência, as variáveis linguísticas que serão utilizadas para o relacionamento entre os conjuntos (variáveis de entrada), àquelas referentes à resposta do sistema (variáveis de saída) e as regras difusas que estão relacionadas à forma de interação entre essas variáveis para gerar a resposta do sistema.

Com uma base de regras eficazes, o sistema *fuzzy* pode substituir uma decisão de um humano qualificado. A base das regras reflete o conhecimento especializado humano, expresso como variáveis linguísticas, enquanto as funções de associação representam a interpretação especializada dessas variáveis.

Vale salientar que no procedimento de inferência é analisado o grau de pertinência associado àquele mesmo valor numérico no universo de discurso relacionando-os a uma base de regras conforme a condicional se – então, como foi mostrado. O tipo de inferência ocorre: Se (antecedente) - Então (consequente).

A saída ou resposta do sistema são fornecidas diferentemente, a depender do modelo de inferência escolhido (CAMPOS FILHO, 2004). É importante ressaltar que existem na literatura diferentes métodos de inferência *fuzzy* com diferentes propriedades. O *Fuzzy Logic toolbox* do MATLAB®⁵ oferece duas opções: o Método de Mamdani e o Método de Sugeno. A principal diferença entre esses dois métodos é que o Método de Sugeno (TSK) utiliza dados para a criação do sistema de inferência, enquanto que no Método de Mamdani, as características do sistema de inferência são definidas pelo usuário.

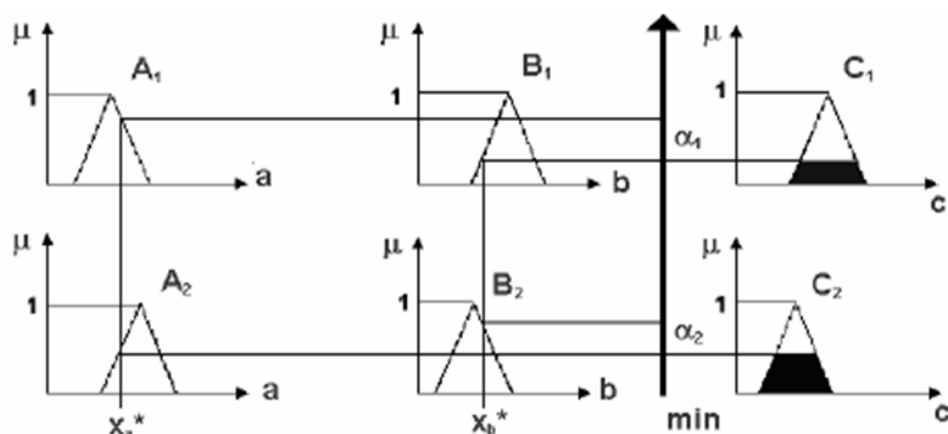
⁵ Software interativo de alto desempenho voltado para o cálculo numérico. O MATLAB integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente.

No modelo de inferência Mamdani, a conclusão de cada regra especifica um termo difuso que necessita da utilização de um cálculo, denominado *defuzzificação* para gerar uma resposta do modelo (Figura 6). Essa *defuzzificação* pode ser realizada através de diferentes tipos de saída. No modelo de interpolação é fornecido como saída um indicador, sempre no intervalo entre 0 e 1 que corresponde a média das regras do modelo

Podemos resumir os tipos de inferência nos sistemas *fuzzy* e enquadrá-los em um dos seguintes (CALDEIRA et al., 2007):

- Tipo 1: A saída global é a média ponderada das saídas de cada regra por meio dos graus de ativação das respectivas regras. As funções de pertinência dos termos consequentes devem ser monótonas crescentes;
- Tipo 2: A saída é resultante da aplicação da interferência máx-mín seguida do passo de *defuzzificação*;
- Tipo 3: Sistemas TSK, nos quais a parte consequente de cada regra é uma combinação linear de variáveis de entrada acrescida de um termo constantes. A saída é a média ponderada das saídas de cada regra.

Figura 6 - Regras de produção *fuzzy* e Modelo Mamdani



Fonte: Modificado de MEDEIROS, 2006, p.68.

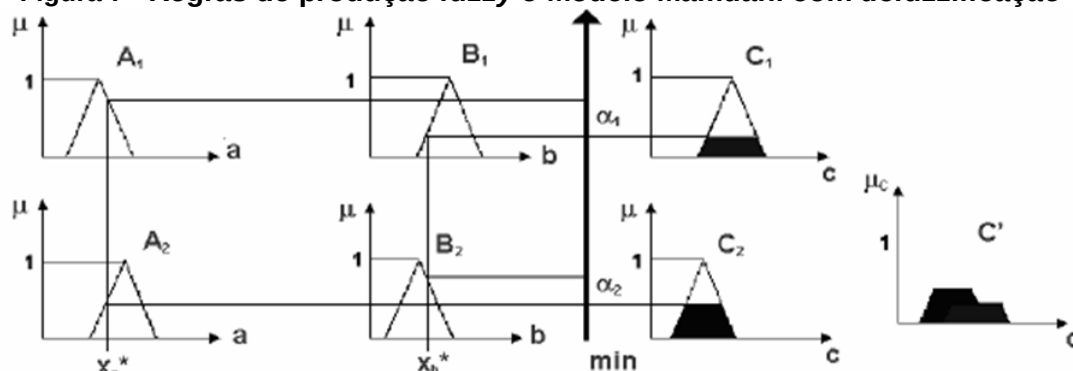
2.4.1.2.2 Defuzzificação

No caso Mamdani, num sistema de inferência *fuzzy*, a característica de saída é obtida a partir de valores *defuzzificados* de produção de conjuntos *fuzzy*

resultantes da agregação de diferentes resultantes de cada regra (fornecidas após a *fuzzyficação*) da base de regras de inferência distribuídas no universo de discurso.

Na Figura 7 é exemplificada a agregação utilizando o conector mínimo do conjunto A1 e B1 representado por C1, agregação do conjunto A2 e B2 é representada por C2 e a essa agregação total referente às duas regras é representada por C'. A agregação depende do tipo de conector (E, OU) escolhido para o relacionamento entre as variáveis. Após a agregação, será calculada a forma de resposta do modelo, ou seja, o ponto relacionado ao grau de pertinência da agregação ou distribuição.

Figura 7 - Regras de produção *fuzzy* e Modelo Mamdani com *defuzzificação*



Fonte: MEDEIROS, 2006, p.68.

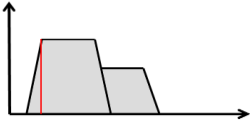
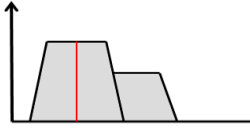
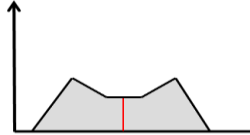
Os métodos de *defuzzificação* mais utilizados são: o primeiro máximo, média dos máximos e centro da área ou centróide. Esses métodos têm sua forma e gráfico apresentados no Quadro 8.

No método do primeiro máximo o valor de saída corresponde ao ponto em que o grau de pertinência da distribuição atinge o primeiro valor máximo; no método centróide, mais utilizado, o valor de saída corresponde ao centro da gravidade da função de distribuição. No método da média dos máximos o valor de saída corresponde ao ponto médio entre os valores que tem maior grau de pertinência.

Após a entrada das variáveis numéricas precisas, são ativadas as regras (*fuzzyficação*), em seguida o sistema de inferência determina como as regras (determinadas por especialistas) são combinadas, como resultado tem-se uma agregação entre as respostas das regras e após a escolha do tipo de resposta em relação à distribuição dos dados agregados (*defuzzyficação*) tem-se a resposta do modelo no domínio das variáveis de saída num correspondente universo de

discurso. As entradas e saídas do sistema são denominadas respectivamente, *fuzzyficação* e *defuzzyficação* e correspondem às etapas principais de modelos de inferência *fuzzy* (MALUTTA, 2004).

Quadro 8 - Comparativo dos métodos de *defuzzyficação*

Método	Fórmula	Gráfico
Primeiro máximo	$X_{Max} = x_{max_1} + x_{max_2}$	
Média dos máximos	$X_{MedMax} = \frac{(x_{max_1} + x_{max_2})}{2}$	
Centróide	$XC = \frac{\sum x_i w_i}{\sum w_i}$	

Fonte: Adaptado de Reis Neto et al (2010)

Nesta tese optou-se pela utilização dos modelos de inferência *fuzzy* do tipo Mamdani, já que são mais intuitivos, pois sua estrutura é elaborada a partir do conhecimento dos especialistas. Esse modelo também foi adotado por Botelho (2013) e Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013). O método de Mamdani realiza a agregação do conjunto de regras através do operador união sobre todas as relações individuais. Baseado na regra de composição de inferência “max-mín”, propõe uma relação *fuzzy* binária M entre x e u para modelar matematicamente a base de regras (BARROS; BASSANEZI, 2010). Segundo Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013), vários estudos foram realizados usando o sistema de inferência *fuzzy*, sendo este atraente para as avaliações ambientais.

A função de pertinência selecionada foi a triangular, assim como Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013) e Botelho (2013) fizeram em seus trabalhos. Segundo Barros e Bassanezi (2010), a *defuzzyficação* é o processo que apresenta um

número real (crisp) para representar um conjunto *fuzzy*. São vários os métodos apropriados para fazer a *defuzzyficação* de um domínio *fuzzy*. Em geral, os métodos mais comuns são o Centro da Área ou Centróide, o Centro dos Máximos e a Média dos Máximos. Neste trabalho, o método utilizado foi o centroide, assim como fizeram em seus trabalhos Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013) e Botelho (2013). Este método expressa a média das áreas de todas as figuras que representam os graus de pertinência de um subconjunto *fuzzy* que no caso discreto é dado pela equação:

$$G(B) = \frac{\sum_{i=0}^n u_i \varphi_B(u_i)}{\sum_{i=0}^n \varphi_B(u_i)} \quad (7)$$

Segundo Botelho (2013), o uso da lógica *fuzzy* vem se apresentando em diversas pesquisas científicas com grande aceitação na engenharia e outras áreas do conhecimento. No presente trabalho, a lógica *fuzzy* foi utilizada como metodologia de cálculo para a definição da classificação do nível de sustentabilidade ambiental para projetos residenciais avaliados pela ferramenta ASPRE proposta nesta tese. Para um maior entendimento da metodologia adotada, o Anexo B traz um exemplo simplificado de seu uso.

Desta forma, conforme a literatura consultada percebe-se a busca por um método que permita obter um resultado quantitativo levando em consideração o conhecimento empírico de especialistas. Dentre os métodos verificados, foram explicitados neste subcapítulo os mais utilizados no desenvolvimento de sistemas de avaliação para construções. Verificou-se que o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é adequado para a solução do problema proposto (definição de pesos para as categorias), pois é uma metodologia eficaz para lidar com o julgamento subjetivo, estruturando um grande número de elementos a serem hierarquizados. A inserção da metodologia *fuzzy* permite que as incertezas e ambiguidades do julgamento sejam consideradas na definição do nível de sustentabilidade da ferramenta proposta.

No presente trabalho, o método AHP foi utilizado como forma de definir o peso das categorias e critérios e a lógica *fuzzy* foi utilizada para a definição da classificação final da ASPRE, possibilitando a mensuração do nível de sustentabilidade ambiental em um projeto residencial que venha a ser avaliado pela ferramenta proposta objetivo dessa tese. Essa metodologia também foi adotada por

Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013), em seu trabalho que buscava a Avaliação de Risco Ferroviário através de um estudo de caso no Irã: Ferrovia Qazvin-Zanjan.

2.5 Ferramentas de Avaliação Ambiental para Construções

Com a necessidade de aprimoramento no setor da construção civil, para impactar cada vez menos o ambiente e promover a sustentabilidade, são desenvolvidos sistemas de avaliação para edificações. Estas técnicas de avaliação são importantes, pois permitem uma averiguação do nível de sustentabilidade ambiental alcançado pelas construções.

“Os métodos de avaliação são ferramentas cujos resultados devem ser utilizados com o objetivo de uma melhoria contínua” (SOUZA; AWAD, 2012, p.154). “É um sistema de informação para a avaliação da sustentabilidade do edifício como um todo” (KANG; LEE; KIM, 2016, p.34). Vários setores buscam construir sistemas de indicadores de sustentabilidade, a construção civil é um desses, esses são importantes para o desenvolvimento urbano sustentável.

O objetivo das avaliações de sustentabilidade é reunir e comunicar as informações para ajudar nas decisões a serem tomadas durante as diferentes fases de projeto, construção e uso de um edifício (BRAGANÇA; MATEUS; KOUKKARI, 2010). Kang, Lee e Kim (2016) afirmam que as propostas de metodologia de avaliação da sustentabilidade buscam transformar a prática e o processo na construção sustentável ao ajudar pessoas sem especialização nessa área para mudar a prática, mas o que é visto na realidade é que os especialistas é que usam na maioria das vezes essas metodologias.

De acordo com Bragança; Mateus e Koukkari (2010), os resultados obtidos com a aplicação de metodologias de avaliação da sustentabilidade em edifícios, com base em indicadores, identificam pontos relevantes no projeto, os analisam e avaliam. Atualmente há uma complexa e diversa quantidade de indicadores dentro de cada critério, porém existe um consentimento dessas metodologias para que se tornem mais simples em sua aplicação, fomentando assim seu uso.

Existem sistemas de certificação que avaliam o desempenho econômico, a gestão do uso da água, energias naturais, resíduos, poluição, gestão ambiental e qualidade do ambiente interno de uma edificação sustentável. As construções são certificadas se cumprirem os requisitos pré-estabelecidos por organizações

instituídas com esse intuito. A escolha de materiais ambientalmente corretos, de origem certificada, é outro critério que agrega valor às construções ao contribuir para limitar a poluição e as emissões de gases e resíduos (TAVARES, 2010).

Em 1990 foi lançado na Inglaterra o primeiro sistema de avaliação ambiental de construções do mundo, o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*). O sistema certifica a construção com um selo “verde”.

Em 1999, o USBCG (*United States Green Building Council*) criou o selo de certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). O programa traz incentivos financeiros e econômicos para o mercado de construções verdes dos Estados Unidos.

Em 2002, a França lançou seu programa de certificação de construções ambientais, o HQE (*Haute Qualité Environnementale*). O Japão também lançou seu programa de certificação, o CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*). Em 2004, a Austrália finalizou seu sistema de certificação de construções ambientais, o NABERS (*National Australian Built Environment Rating System*).

No Brasil, em 2007, foi criado o *Green Building Council Brasil* (GBCBrasil), que tem como objetivo ser referência na avaliação e certificação de construções sustentáveis, através da regionalização da ferramenta de avaliação LEED.

Ainda em 2007 foi criado o CBCS – Conselho Brasileiro de Construções Sustentáveis, cujo objetivo é implementar conceitos e práticas sustentáveis na construção civil, porém sem o objetivo de certificar edificações.

Em 2008 foi lançado o selo brasileiro de certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental), baseado na certificação francesa HQE. Foi o primeiro selo de certificação de construções sustentáveis que leva em consideração as especificidades do Brasil, desenvolvido pelo Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP).

Em 2010, a Caixa Econômica Federal lançou o programa Selo Casa Azul CAIXA, primeiro selo elaborado especificamente para o contexto brasileiro. Em 2014, o GBC Brasil lançou o Referencial GBC Brasil Casa elaborado para o Brasil, levando em consideração o zoneamento bioclimático brasileiro.

No Quadro 9 tem-se uma síntese dos principais sistemas de certificação e suas características.

Quadro 9 - Sistemas de certificação ambiental para edifícios

PAÍS	SISTEMA	CARACTERÍSTICAS
Reino Unido	BREEAM	Sistema com base em critérios e processos de busca das melhores práticas que conduzem ao desempenho superior. para várias tipologias de edifícios. Os créditos são ponderados para gerar um índice e desempenho ambiental do edifício. O sistema é atualizado regularmente (a cada 3-5 anos). Utiliza lista de conferência para edifícios novos e questionários para existentes. Avalia o desempenho de edifícios em oito categorias: gestão; uso de energia; saúde e bem-estar; poluição; transporte; uso do solo; materiais; uso eficiente da água.
Estados Unidos	LEED	Inspirado no BREEAM. Sistema com base em critérios e processos de busca das melhores práticas que conduzem ao desempenho superior. O sistema é atualizado regularmente (a cada 3-5 anos) Utiliza lista de conferência que atribui créditos aos critérios. Há possibilidade de se atingir os níveis de certificado prata, ouro ou platina, sendo este último o nível máximo a ser alcançado.
Consórcio de diversos países	GBTool	Compara o edifício avaliado com edifício considerado referência quanto às práticas ambientais locais. A avaliação é estruturada em quatro níveis hierárquicos de desempenho: questões, categorias, critérios e subcritérios. Os assuntos abordados referem-se ao consumo de recursos, cargas ambientais, qualidade do ambiente interno, qualidade do serviço, aspectos econômicos e gestão antes da ocupação do edifício.
França	HQE	Sistema com base em critérios e processos de busca das melhores práticas que conduzem ao desempenho superior. É dividido em: Gestão do empreendimento e Qualidade ambiental; avaliam as fases de projeto execução e ocupação. O resultado é um perfil de desempenho global. Avalia o edifício em 3 ocasiões distintas: fase de programa, projeto e execução. Ou seja, vai além da verificação do atendimento aos índices de desempenho relativos às características do produto final edificado.
Japão	CASBEE	Desde 2005, faz avaliação ambiental de edifícios residenciais e não residenciais. Sistema com base em critérios e processos de busca das melhores práticas que conduzem ao desempenho superior. Inspirado no GBTool. A ferramenta de projeto trabalha com um índice de eficiência ambiental do edifício (BEE), e aplica ponderação fixa em todos os níveis. Os critérios de avaliação

		abordam a qualidade ambiental e desempenho do edifício e diminuição de cargas ambientais.
PAÍS	SISTEMA	CARACTERÍSTICAS
Brasil	SELO CASA AZUL	Utiliza lista de conferência que atribui créditos aos critérios. Foi desenvolvido para o setor residencial. Possui 5 categorias. Dependendo da quantidade de exigências atendidas conferem
Brasil	SELO CASA AZUL	um nível de certificação ambiental. Porém, deve-se atender aos critérios obrigatórios, apenas a pontuação não confere o selo.
Brasil	REFERENCIAL CASA GBC BRASIL	Utiliza lista de conferência que atribui créditos aos critérios e foi desenvolvido especificamente para o setor residencial brasileiro. Dependendo da quantidade de exigências atendidas conferem um nível de certificação ambiental. Porém, deve-se atender aos critérios obrigatórios, apenas a pontuação não confere o selo. Possui 8 categorias, sendo elas: implantação; uso racional da água; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade ambiental interna; requisitos sociais e créditos regionais.
Brasil	AQUA	Adaptado exclusivamente para o Brasil do HQE francês. Dependendo da quantidade de exigências atendidas conferem um nível de certificação ambiental. Possui 14 categorias, 38 subcategorias e 160 critérios. Estes se agrupam em quatro temas: Meio ambiente; Energia e Economias; Conforto; Saúde e Segurança.

Fonte: Adaptado de Silva (2013); Silva apud Oliveira (2014); Bueno (2013)

Para o Brasil, especificamente, existem três sistemas de certificação que atuam na área habitacional: o selo Aqua que foi adaptado do selo francês HQE, o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal e o Referencial GBC Brasil Casa, que foram elaborados especificamente para o Brasil. Ressalta-se que o Referencial GBC Brasil Casa foi baseado na metodologia LEED. Por esse motivo, os três selos supracitados foram selecionados para fazer parte do presente estudo, servindo como base para a adaptação da ferramenta proposta de avaliação de projetos residenciais. Sendo assim, a seguir serão explicitados os referidos sistemas de certificação.

2.5.1 AQUA - Alta Qualidade Ambiental

A criação da certificação brasileira AQUA - Alta Qualidade Ambiental (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) foi realizada pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini, em parceria com o Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e o *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB) (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014). É uma metodologia adaptada para o contexto regional brasileiro, a partir de um sistema de certificação francês preexistente, o HQE (*Haute Qualité Environnementale*).

O processo de certificação AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) é totalmente independente dos órgãos franceses, passando por auditorias presenciais, que transcorrem exclusivamente no Brasil. As exigências da certificação AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) estão agrupadas em 4 temas: Meio ambiente; Energia e Economias; Conforto; Saúde e Segurança. No universo das 14 categorias que compõem o referencial técnico da certificação, existem 38 subcategorias que se desdobram em 160 critérios, dos quais mais de 40% são obrigatórias para se atingir o conceito mínimo (BOM) em cada categoria, o que ainda não é suficiente para se conseguir o certificado.

Existem cinco níveis de desempenho que são associados às categorias de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE):

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| • AQUA Passa | 14 categorias em B |
| • AQUA Bom | Entre 1 e 4 estrelas |
| • AQUA Muito Bom | Entre 5 e 8 estrelas |
| • AQUA Excelente | Entre 9 e 11 estrelas |
| • AQUA Excepcional | 12 estrelas ou mais |

O AQUA possui categoriais idênticas ao HQE. Hilgenberg (2010) cita que para a criação do sistema AQUA, a maior parte das preocupações das subcategorias do HQE mantiveram-se inalteradas. Segundo o autor, as duas categorias que mais sofreram alterações, em mais de 60% dos itens, foram: escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos e qualidade sanitária do ar. Em seguida, com quase metade de suas exigências alteradas, encontram-se

duas categorias: conforto higrotérmico e qualidade sanitária dos ambientes. Isso comprova a adaptação da metodologia para as condições do país principalmente no que diz respeito ao conforto ambiental.

O processo de certificação AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) envolve a gestão de um empreendimento e avalia os impactos provenientes da relação do edifício com seu entorno. Observa-se nos referenciais técnicos brasileiros do processo AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014), assim como em alguns dos sistemas de certificação internacionais, a existência de mais de um tipo de classificação, no caso do AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014), com a divisão em três categoriais: Referencial Técnico de certificação: Escritórios e Edifícios Escolares (desde outubro de 2007); Referencial Técnico de certificação: Hotéis; e Referencial Técnico de certificação: Edifícios Habitacionais (desde fevereiro de 2010, com versão atualizada em março de 2014).

Segundo a Fundação Vanzolini (2014), para a certificação através do AQUA, os referenciais técnicos brasileiros são estruturados em duas partes, que avaliam o empreendimento de maneiras complementares. O primeiro é o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), trata da gestão a ser estabelecida pelo empreendedor para assegurar a qualidade ambiental de sua construção, constituído de quatro estruturas:

- Comprometimento do empreendedor: descrição dos elementos de análise solicitados para a definição do perfil ambiental do empreendimento com todas as suas exigências;
- Implementação e funcionamento: descrição das exigências em termos de organização;
- Gestão do empreendimento: descrição das exigências em termos de monitoramento e análises críticas dos processos, de avaliação da QAE (Qualidade Ambiental do Edifício) e ações corretivas;
- Aprendizagem: descrição das exigências em termos de aprendizagem da experiência e de balanço do empreendimento.

A segunda parte da avaliação do AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) é medida pela qualidade ambiental do empreendimento e este perfil é próprio de cada contexto. Nesta etapa, o imóvel passa por três momentos de análise: na fase de pré-

projeto (programa de necessidades), na fase de concepção e na execução da obra, para então a obtenção da certificação.

Para a Fundação Vanzolini (2014), a ferramenta AQUA é capaz de melhorar a convivência entre as pessoas que ocupam o ambiente e criar conforto e qualidade de vida, além de ter uma edificação com valorização patrimonial ao longo do tempo e menores custos de condomínio, pois prevê economia no consumo quanto à água, energia, conservação e manutenção.

2.5.2 Selo Casa Azul

O Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) é uma classificação socioambiental de empreendimentos residenciais da Caixa Econômica Federal. Foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar em parceria com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Campinas (GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014).

É o primeiro sistema de classificação da sustentabilidade de projetos ofertado no Brasil, desenvolvido para a realidade da construção habitacional brasileira. É um instrumento que busca reconhecer os empreendimentos que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação.

O Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) possui uma lista de categorias com critérios que devem ser cumpridos. O atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento estimula a adoção de práticas voltadas à sustentabilidade dos empreendimentos habitacionais. No Quadro 10, observam-se os níveis de gradação do selo e sua relação com os critérios estabelecidos. O Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) possui 53 critérios de avaliação, distribuídos em seis categorias que orientam a classificação de projeto, conforme Quadro 11. Os objetivos das categorias e critérios encontram-se no ANEXO A para um melhor entendimento das exigências do sistema estudado.

Porém, salienta-se que o nível bronze é concedido apenas a empreendimentos que possuam custo de até R\$ 130 mil reais (em cidades com

população acima de um milhão de habitantes). Acima desse valor, deve-se enquadrar, no mínimo, no nível prata.

Alguns critérios dispostos no selo Casa Azul (CAIXA, 2010) são mais relevantes para determinadas regiões. O aquecimento de água, por exemplo, não possui muita importância para as regiões mais quentes do país em relação às de clima frio. Dessa forma, a decisão final sobre os critérios a serem obedecidos, deve ser embasada na “Agenda do empreendimento”, onde devem estar identificados os aspectos socioambientais relevantes para o empreendimento (CAIXA, 2010).

Quadro 10 - Níveis de gradação do Selo Casa Azul

GRADAÇÃO	ATENDIMENTO MÍNIMO
BRONZE	Critérios obrigatórios
PRATA	Critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha
OURO	Critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha

Fonte: Caixa (2010)

Quadro 11 - Resumo categorias e critérios Selo Casa Azul

CATEGORIA/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO
1 QUALIDADE URBANA	
1.1 Qualidade do Entorno - Infraestrutura	X
1.2 Qualidade do Entorno - Impactos	X
1.3 Melhorias no Entorno	
1.4 Recuperação de Áreas Degradadas	
1.5 Reabilitação de Imóveis	
2 PROJETO E CONFORTO	
2.1 Paisagismo	X
2.2 Flexibilidade de Projeto	
2.3 Relação com a Vizinhança	
2.4 Solução Alternativa de Transporte	
2.5 Local para Coleta Seletiva	X
2.6 Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	X
2.7 Desempenho Térmico - Vedações	X
2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	X
2.9 Iluminação Natural de Áreas Comuns	
2.10 Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros	
2.11 Adequação às Condições Físicas do Terreno	
3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	Para HIS - até 3 s.m.
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	X
3.3 Sistema de Aquecimento Solar	
3.4 Sistemas de Aquecimento a Gás	
3.5 Medição Individualizada - Gás	X
3.6 Elevadores Eficientes	
3.7 Eletrodomésticos Eficientes	
3.8 Fontes Alternativas de Energia	
4 CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS	

CATEGORIA/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO
4.1 Coordenação Modular	
4.2 Qualidade de Materiais e Componentes	X
4.3 Componentes Industrializados ou Pré-fabricados	
4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis	X
4.5 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição	X
4.6 Concreto com Dosagem Otimizada	
4.7 Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)	
4.8 Pavimentação com RCD	
4.9 Facilidade de Manutenção da Fachada	
4.10 Madeira Plantada ou Certificada	
5 GESTÃO DA ÁGUA	
5.1 Medição Individualizada - Água	X
5.2 Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga	X
5.3 Dispositivos Economizadores - Arejadores	
5.4 Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão	
5 GESTÃO DA ÁGUA	
5.5 Aproveitamento de Águas Pluviais	
5.6 Retenção de Águas Pluviais	
5.7 Infiltração de Águas Pluviais	
5.8 Áreas Permeáveis	X
6 PRÁTICAS SOCIAIS	Como o trabalho avalia apenas a sustentabilidade ambiental, esse item não foi analisado.

Fonte: Adaptado Caixa (2010)

Dentre os 53 critérios de avaliação estabelecidos, 19 ações são consideradas fundamentais e devem ser atendidas obrigatoriamente para obtenção da classificação bronze (Quadro 9) sendo que uma delas só deve ser observada para habitações de interesse social (para pessoas com renda de até três salários mínimos), é o critério lâmpadas de baixo consumo - áreas privativas da categoria eficiência energética.

Para que haja verificação da conformidade do projeto com os critérios estabelecidos, o Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) define os objetivos e indicadores de cada critério, bem como determina a forma que deve ser feita a comprovação de seu cumprimento.

Além dos critérios a serem cumpridos, existem algumas especificidades do sistema de certificação em questão que os projetos devem atender como as regras da Ação Madeira Legal⁶ e apresentar, até o final da obra, o Documento de Origem Florestal (DOF) e a declaração informando o volume, as espécies e a destinação final das madeiras utilizadas nas obras.

⁶ Ação Madeira Legal é um acordo de cooperação técnica entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e a Caixa Econômica Federal (Caixa) visando coibir a utilização de madeira ilegal nas obras financiadas pela Caixa, reduzindo-se o desmatamento.

Quanto à acessibilidade, o projeto deve prever o atendimento à NBR 9050 (ABNT, 2015), além de atender ao percentual mínimo de unidades habitacionais adaptadas, conforme legislação municipal ou estadual. No caso de ausência de legislação específica, os empreendimentos devem contemplar o percentual mínimo de 3% de unidades habitacionais adaptadas (CAIXA, 2010), e o projeto executivo deve estar de acordo com as normas técnicas vigentes.

O mencionado selo utiliza como referência normas brasileiras para embasamento das exigências de sustentabilidade, como a NBR 15.220 (ABNT, 2005) que especifica o zoneamento ambiental brasileiro, e a Norma de Desempenho – NBR 15.575 (ABNT, 2013). Devido à atualização do selo Procel Edifica Residencial e da NBR 15.575 em 2013 (ABNT, 2013) foi realizada uma alteração no Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) para sua adequação a essas modificações⁷.

Ao confrontar as exigências do Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) nos itens 2.7 e 2.8, antes e depois das modificações (Quadro 12), percebe-se que as construções localizadas na zona bioclimática 8 ficaram praticamente sem exigências quanto ao desempenho térmico, porém isso deve-se ao fato do sistema estudado adotar a Norma de Desempenho como parâmetro (ABNT, 2013). Isto corrobora para a necessidade de haver uma revisão nos níveis exigidos pelas normas brasileiras conforme já explicitado na subseção 2.4.2 do presente trabalho.

Quadro 12 - Comparativo dos critérios Selo Casa Azul antes e depois de sua atualização para equiparação com a NBR 15.575 (ABNT, 2013)

Critério	Antes	Depois
Critério 1.1 – Qualidade do entorno infraestrutura	Exigência de escola pública de ensino fundamental acessível por rota de pedestre de no máximo 1,5km de extensão.	Para atendimento ao item, essa exigência passou a ser somente para empreendimentos do programa Minha Casa Minha Vida – faixas I e II.
Critério 1.2 - Qualidade do entorno – Impactos	No caso de linha de transmissão, faixa não edificante 40m de cada lado.	No caso de linha de transmissão, faixa não edificante 15m de cada lado.
Critério 2.7 – Desempenho Térmico – Vedações	Os elementos de proteção solar devem ser adequados à orientação arquitetônica, no que diz respeito ao tipo, se horizontal, vertical, misto, inclinados ou móveis. As dimensões das fachadas arquitetônicas devem, na medida do possível, ser adequadas às intenções de insolação locais.	Sem exigências

⁷ <http://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Mudancas_Selo_Casa_Azul.pdf> Acesso em 18/08/2016, às 16:48h.

Critério	Antes	Depois
	Dimensionamento das aberturas para ventilação e iluminação maior ou igual 15%.	Dimensionamento das aberturas para ventilação e iluminação maior ou igual 8%.
Critério 2.8 – Desempenho Térmico – Orientação a Sol e ventos	Ventilação cruzada permanente; sombreamento de fachadas.	As estratégias de conforto passam a ser opcionais para a zona bioclimática 8.
Critério 2.10 – Iluminação e ventilação natural de banheiros	Existência de janela voltada para o exterior da edificação com área mínima de 12,5% da área do ambiente (área correspondente à iluminação e ventilação).	Não é exigível para o atendimento ao item a ventilação e iluminação de lavabos.
Critério 5.8 – Áreas Permeáveis	10% acima do exigido pela legislação local.	Fica facultada a complementação pelo atendimento ao critério 5.6 - Retenção de águas pluviais.
Critério Bônus	Não tinha	Critério de livre escolha, proporcionando maior flexibilidade ao projeto na incorporação de itens adicionais que contribuem para a pontuação e obtenção do Selo.

Fonte: Elaborado pela autora

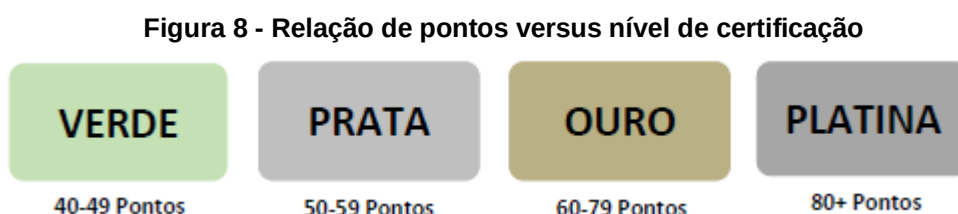
O sistema de certificação Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) possui metodologia simplificada de aplicação, lista de conferência, para o estímulo de adoção de práticas construtivas mais sustentáveis no âmbito residencial. É prático de ser adotado pelos profissionais da área de projeto (arquitetos e engenheiros), pois indica em seus critérios o que deve/pode ser adotado e como fazê-lo. Porém, é válido ressaltar que não há no Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) uma determinação do nível de sustentabilidade e, sim, uma classificação que, por ter sido elaborada para a adoção em todo o país, muitas vezes deixa lacunas com os principais critérios que devem ser selecionados para atendimento. A busca pelo título de certificação do edifício muitas vezes faz com que os construtores não busquem as melhores soluções sustentáveis para o local de inserção da edificação e, sim, que busquem cumprir os critérios mais simples e o mínimo necessário para o alcance do título de edifício sustentável.

2.5.3 Referencial GBC Brasil Casa

O Referencial GBC Brasil Casa foi desenvolvido pelo Green Building Council Brasil com mais de 200 profissionais de diversos segmentos envolvidos, organizados em comitês técnicos distribuídos em distintas áreas de sustentabilidade de uma construção: implantação, uso racional da água, eficiência energética, materiais, qualidade do ambiente interno e responsabilidade social. Estes comitês, utilizando outros selos de certificação já consolidados brasileiros e internacionais, definiram as categorias e critérios de sustentabilidade avaliados no Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014).

A metodologia adotada para a realização do Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014) foi a definição das categorias e critérios com seus requisitos, e em seguida a aplicação das mesmas em projetos pilotos como forma de averiguação de sua eficiência.

O Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014) possui o objetivo de ser uma ferramenta simples, de apoio ao projeto e construção. Seus valores são dados através do limite máximo de pontos que cada critério pode atingir. Os pontos obtidos levam à atribuição de diversos níveis de certificação (Figura 8): “verde”, “prata”, “ouro” e “platina”, tendo que garantir no mínimo 40 pontos de um total de 110 pontos. Importante salientar que existem critérios pré-requisitos, cujo não cumprimento impossibilita a concessão da certificação à edificação, mesmo que possua mais pontos que o mínimo exigido.



Fonte: Green Building Council Brasil (2014)

Esse tipo de sistema de avaliação da sustentabilidade nas construções permite que o edifício alcance uma boa classificação final, se este obtiver bom desempenho em determinada categoria, mesmo possuindo o mínimo de cumprimentos admitidos em outra, o que resulta na classificação apenas do

desempenho geral do edifício (SILVA, 2013). Tal afirmação faz referência à possibilidade para escolha de qual critério ser atendido, tendo em vista a classificação que se quer obter. Essa opção na prática observa a facilidade de cumprimento do critério sem considerar as prioridades ambientais do local. Obtendo-se uma pontuação final satisfatória para a certificação, porém sem atender critérios mais prioritários para a cidade.

O Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014) possui 8 categorias, sendo elas: implantação; uso racional da água; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade ambiental interna; requisitos sociais e créditos regionais. Dentro de cada categoria há uma série de critérios que devem ser verificados (Quadro 13). Cada categoria possui critérios pré-requisitos que são obrigatórios. A pontuação é definida de acordo com os critérios atingidos. Cada categoria possui uma pontuação específica. Os objetivos das categorias e critérios encontram-se no ANEXO A para um melhor entendimento das exigências do sistema estudado.

Quadro 13 - Categorias e critérios avaliados pelo sistema de certificação Referencial GBC Brasil Casa para o projeto estudado

CATEGORIAS/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO
IMPLANTAÇÃO	
Controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da construção	X
Orientação de Projeto	X
Não utilizar Plantas Invasoras	X
Desenvolvimento Urbano Certificado	
Seleção do Terreno	
Localização Preferencialmente Desenvolvida	
Infraestrutura de Água e Saneamento Básico	
Proximidade a Recursos Comunitários e Transporte Público	
Acesso a Espaço Aberto	
Administração do Canteiro	
Paisagismo	
Redução de Ilha de Calor	
Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais – Quantidade	
Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais – Qualidade	
Controle de Pragas sem Produtos Tóxicos	
Implantação Compacta	
USO RACIONAL DA ÁGUA	OBRIGATÓRIO
Uso Racional da Água – Básico	X
Medição Única do Consumo de Água	X
Uso Racional da Água – Otimizado	
Medição Setorizada do Consumo de Água	
Sistemas de Irrigação Eficiente	

CATEGORIAS/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO
ENERGIA E ATMOSFERA	OBRIGATÓRIO
Desempenho da Envoltória	X
Fontes de Aquecimento de Água Eficientes	X
Qualidade das Instalações Elétricas de Baixa Tensão	X
Iluminação Artificial	X
Desempenho Energético Aprimorado	
Etiqueta PBE Edifica	
Atender Nível A do PBE Edifica	
Fontes Eficientes de Aquecimento Solar	
Iluminação Artificial – Otimizada	
Gerenciamento do Gás Refrigerante Residencial ⁸	
Equipamentos Eletroeletrônicos Eficientes	
Energia Renovável	
Comissionamento dos Sistemas Instalados	
Medição e Verificação	
MATERIAIS E RECURSOS	OBRIGATÓRIO
Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção	X
Madeira Legalizada	X
Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação	
Madeira Certificada	
Materiais Ambientalmente Preferíveis	
Controle de Materiais Contaminantes	
Materiais Certificados	
Desmontabilidade e Redução de Resíduos – Sistemas Estruturais	
Desmontabilidade e Redução de Resíduos – Sistemas Não-estruturais	
QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA	OBRIGATÓRIO
Controle de Emissão de Gases de Combustão	X
Ventilação Natural e Exaustão Localizada – Básica	X
Conforto Ambiental Interno	
Controle de Umidade Local	
Exaustão Localizada – Automatizada	
Controle de Partículas Contaminantes	
Proteção de Poluentes Provenientes da Garagem	
Proteção ao Radônio – Áreas de grande risco	
Acústica	
INOVAÇÃO E PROJETO	OBRIGATÓRIO
Projeto Integrado e Planejamento	
Gerenciamento da Qualidade	
Manual do Usuário	
Declaração Ambiental de Produto	
Inovação e Projeto	
CRÉDITOS REGIONAIS	OBRIGATÓRIO
Prioridades Regionais: Nordeste	
IMP Crédito 2 – Seleção do Terreno	
IMP Crédito 4 – Infraestrutura de Água e Saneamento Básico	
URA Crédito 1 – Uso Racional da Água – Otimizado	
EA Crédito 3 – Atender Nível A do PBE Edifica	
EA Crédito 8 – Energia Renovável	
MR Crédito 1 – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação	
MR Crédito 3 – Materiais Ambientalmente preferíveis – Materiais Regionais	
QAI Crédito 1 – Conforto Ambiental Interno	

⁸ Residências unifamiliares e áreas comuns de condomínios residenciais que não possuam sistema de ar-condicionado instalados ganham esse ponto automaticamente.

CATEGORIAS/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO
REQUISITOS SOCIAIS	
Não avaliado	

Fonte: Adaptado de Green Building Council Brasil (2014)

A seguir, no Quadro 14, estão descritas as categorias e os escopos do Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014).

Quadro 14 - Categorias exigidas e seus escopos do GBC Brasil Casa

CATEGORIAS	ESCOPO
Implantação	Aborda questões presentes em todas as fases de projeto, desde sua concepção até os acabamentos finais, levando em consideração as preocupações ambientais relacionadas à seleção do terreno, administração da atividade de construção, orientação do projeto, conexão com a cidade previamente desenvolvida e redução dos impactos ambientais.
Uso Racional da Água	Aborda as preocupações ambientais relacionadas ao consumo interno e especificação de equipamentos, medição, setorização e sistemas de irrigação.
Energia e Atmosfera	Aborda assuntos relacionados ao desempenho energético residencial, como qualidade das instalações elétricas (a fim de dimensionar o sistema de forma a trabalhar mais economicamente e por questões de segurança da instalação), iluminação, envoltória, equipamentos eletroeletrônicos e energia passiva e renovável.
Materiais e Recursos	Aborda as preocupações ambientais relacionadas à seleção de materiais, disposição de resíduos e redução de geração de resíduos.
Qualidade Ambiental Interna	Aborda questões de circulação do ar nos ambientes projetados, além de filtragem e controle das partículas contaminantes.
Requisitos Sociais	Aborda questões de legalidade e qualidade do projeto e obra, acessibilidade universal e boas práticas sociais para projeto, obra e operação.
Inovação e Projeto	Incentiva o projeto integrado e planejado, o gerenciamento da qualidade visando durabilidade, a realização do manual do usuário, o desenvolvimento de uma declaração ambiental de produto e inovação nas práticas de sustentabilidade.
Créditos regionais	Foram definidos créditos existentes importantes para cada região do país que possam ser adotados de acordo com o local da obra.

Fonte: Adaptado Green Building Council Brasil (2014)

2.6 Selos Municipais

A criação de sistemas de certificação para cidades específicas é uma comprovação da necessidade de adoção das condicionantes climáticas e construtivas do local como meio norteador para a tomada de decisões do que é prioritário ambientalmente para a região em questão. Algumas cidades brasileiras, percebendo a necessidade de uma maior regionalização dos sistemas de certificação da construção, criaram seus próprios sistemas.

Belo Horizonte criou seu selo em 2011 – Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental da Prefeitura de Belo Horizonte (PROGRAMA..., 2012). O Rio de Janeiro instituiu seu selo em 2012 – Qualiverde (RIO DE JANEIRO município, 2012) e Salvador, criou o Programa de Certificação Sustentável "IPTU VERDE" em edificações no Município desde 2015 (SALVADOR, 2015). As informações referentes aos selos municipais foram coletadas até 2016.

2.6.1 Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental da Prefeitura de Belo Horizonte

As discussões sobre a política de sustentabilidade ambiental e de mudanças climáticas no município de Belo Horizonte iniciaram-se em 2006 com a instituição do Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência – CMMCE, que congrega representantes de diversos órgãos da Administração Municipal e Estadual, da Câmara Municipal de Vereadores, dos setores produtivos da iniciativa privada, de universidades e de organizações não governamentais (PROGRAMA..., 2012, p. 3).

O Programa de Certificação de Belo Horizonte, Minas Gerais, é uma iniciativa de política pública do governo local, com a criação de um selo próprio municipal. Estabelece-se, com essa política, uma forma de gestão do meio ambiente urbano que busca incentivar a implantação de empreendimentos ambientalmente sustentáveis, introduzindo, a construção sustentável na cidade de Belo Horizonte.

A adesão ao programa é voluntária. Os empreendimentos certificados recebem o selo na modalidade Ouro, Prata ou Bronze, de acordo com a abrangência do projeto e com os resultados alcançados pelas medidas de eficiência e gestão adotadas. Também é concedido um Certificado de Boas Práticas Ambientais para aqueles empreendimentos que adotarem medidas de sustentabilidade, mas não alcançarem os índices mínimos estabelecidos para certificação, em cada área temática. A base legal da certificação é a Deliberação Normativa nº 66 de 2009 do Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM, 2009) que estabeleceu medidas de sustentabilidade e de combate às mudanças climáticas.

O Programa de Certificação de Minas Gerais tem como objetivo estimular a política da construção sustentável na cidade, bem como reduzir os impactos ambientais desses empreendimentos através da redução dos consumos de água e

energia, da gestão adequada de resíduos sólidos e da redução das emissões diretas de gases efeito estufa.

Segundo os autores do Programa de Certificação de Minas Gerais, a adesão dos empreendimentos à certificação contribui para a melhoria das condições ambientais da cidade, especialmente no que se refere ao bem-estar da sociedade, à sustentabilidade dos recursos naturais e à qualidade do ar.

O Programa de Certificação de Minas Gerais é dividido em 4 categorias/dimensões: água, energia, gases de efeito estufa e resíduos sólidos. Possui uma ferramenta online onde o empreendedor pode simular a sustentabilidade de seu projeto antes de finalizá-lo. O sistema está ativo tendo 49 empreendimentos certificados desde 2012 até o ano de 2016, tendo como indicador os selos bronze, prata e ouro.

2.6.2 Sistema de Certificação Qualiverde do Rio de Janeiro

O Decreto nº 35745, de 06 de junho de 2012 (RIO DE JANEIRO município, 2012), criou a qualificação QUALIVERDE, que é uma certificação concedida pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, com o objetivo de incentivar empreendimentos que contemplem ações e práticas sustentáveis destinadas à redução dos impactos ambientais. A qualificação QUALIVERDE é opcional e aplicável aos projetos de novas edificações e edificações existentes, de uso residencial, comercial, misto ou institucional.

A metodologia adotada pelo QUALIVERDE é classificatória através de pontuação obtida de acordo com os critérios cumpridos. O empreendimento que atingir no mínimo 70 pontos é classificado como QUALIVERDE. O empreendimento que atingir no mínimo 100 pontos é classificado como QUALIVERDE TOTAL (RIO DE JANEIRO município, 2012).

A certificação é dividida em 3 categorias: gestão das águas, eficiência energética e projeto. Não existem critérios obrigatórios. Os projetos que apresentem, no requerimento de obtenção da qualificação, selo de certificação e orientação ambiental de construções sustentáveis emitido por instituição reconhecida, recebem uma bonificação de 5 PONTOS e será bonificado com 1

PONTO o empreendimento que apresentar tecnologias inovadoras para cumprimento das práticas de sustentabilidade.

A justificativa da elaboração do Qualiverde, além da necessidade de fazer algo especialmente para a realidade local, se deu pelo fato de as empresas certificadoras cobrarem pela certificação. Desse modo, a Prefeitura não teria como exigir legalmente, através de seu código de obras, a certificação das novas construções e reformas (BARROS; BASTOS, 2015). O meio que o QUALIVERDE encontrou para reduzir a elevação do custo nas obras com vistas a práticas construtivas mais sustentáveis foi conceder benefícios às edificações e dessa forma incentivar as construtoras a aderirem à construção de edificações mais sustentáveis. A lei de benefícios fiscais propõe a concessão de descontos para alguns tributos municipais como o Imposto sobre Serviços (ISS), durante a obra; isenção/desconto de Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), durante a obra; isenção/desconto no Imposto de Transações de Bens Imóveis (ITBI) ao adquirente final e desconto do IPTU após o Habite-se.

A elaboração do QUALIVERDE incorporou as discussões dos desenvolvedores e utilizadores das certificações mais conhecidas, com o GBC Brasil, a Fundação Vanzolini, desenvolvedores do BREEAM e com arquitetos que possuem experiência em elaborar projetos sustentáveis (BARROS; BASTOS, 2015). Apesar de ser voltado especificamente para o Rio de Janeiro, baseia-se de maneira geral nas normas nacionais, como a NBR 15.220 (ABNT, 2005), para a definição das estratégias bioclimáticas.

Como citado no tópico 2.3.2, em alguns casos, as normas brasileiras não indicam as melhores soluções para edificação, sendo necessários estudos de caracterização específicos do local onde se pretende construir para verificação da estratégia construtiva que melhor se adequa à região. Desse modo, os selos municipais poderão contribuir com uma maior eficácia para a constituição de diretrizes que possibilitem o alcance de construções, e consequentemente, cidades mais sustentáveis.

2.6.3 Programa de Certificação Sustentável "IPTU VERDE" em edificações no Município de Salvador

O Decreto Nº 25.899, de 24 março de 2015 (SALVADOR, 2015) criou o Programa de Certificação Sustentável em edificações no Município de Salvador, denominado IPTU VERDE. A certificação concedida pela Prefeitura da Cidade do Salvador possui o objetivo de incentivar empreendimentos que contemplem ações e práticas sustentáveis destinadas à redução do consumo de recursos naturais e dos impactos ambientais, oferecendo descontos diretamente no IPTU, de acordo com pontuação obtida da construção no Programa de Certificação Sustentável.

O IPTU VERDE também é um sistema de pontuação como o Referencial GBC Brasil Casa, Leed, Selo Casa Azul Caixa, Qualiverde. Recebe o selo Bronze e 5% de desconto no IPTU quem atingir a pontuação de 50 a 69 pontos; selo prata e 7% de desconto no IPTU de 70 a 99 pontos e selo ouro e 10% de desconto NO IPTU quem obtiver pontuação maior ou igual a 100.

A certificação IPTU VERDE é opcional e aplicável aos novos empreendimentos a serem edificados, assim como às ampliações e/ou reformas de edificações existentes de uso residencial, comercial, misto ou institucional.

A Portaria 34 (SALVADOR, 2015) disciplina que os projetos que apresentarem, no requerimento de obtenção da certificação, os itens a seguir, poderão alcançar pontuação máxima no IPTU Verde. Receberá pontuação 100 projetos de edificações que possuam as certificações: Selo Procel; Ence geral da edificação construída nível A de acordo com RTQ-C e RTQ-R; LEED platina nc; LEED ouro nc; LEED prata nc; LEED school; LEED existing building; AQUA - HQE de execução ou operação. As que possuírem certificação Ence geral da edificação construída nível B de acordo com RTQ-C e RTQ-R⁹; certificado LEED – receberá pontuação 70.

O IPTU VERDE baseia-se em 5 categorias: gestão sustentável das águas, eficiência e alternativas energéticas, projeto sustentável, bonificações e emissões de gases de efeito estufa. Cada uma com critérios para o alcance da pontuação. Em seu anexo I do Decreto Nº 25.899 (SALVADOR, 2015), verifica-se a pontuação exigida para cada critério.

Apesar de ser chamado de certificação sustentável, percebe-se que o IPTU VERDE para a cidade de Salvador é mais voltado para a política de incentivo à

⁹ RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais do Programa Brasileiro de Edificações – PBE Edifica.

adoção das práticas de construções sustentáveis, porém ainda de uma forma global, sem haver uma especificidade às características regionais do município. Cerca de 50% da pontuação é destinada à categoria Eficiência e Alternativas Energéticas, ficando Gestão de Águas apenas com 13%. O restante divide-se nas demais categorias. Sabendo-se do problema de saneamento da região Nordeste do Brasil, acredita-se que essa pontuação seja insuficiente.

Quanto às três certificações municipais existentes, nota-se uma grande similaridade nas categorias e critérios do QUALIVERDE do Rio de Janeiro e o IPTU VERDE de Salvador. Salienta-se que nenhuma delas foi adotada com caráter obrigatório, continuando as construções sustentáveis fora da esfera das exigências construtivas legais.

No Anexo A encontram-se as categorias e critérios dos sistemas de certificação nacionais estudados.

2.7 Síntese do Referencial Teórico

Apesar de o termo desenvolvimento sustentável ter surgido nos anos 1970, nota-se que no âmbito da construção civil ainda é relativamente nova a questão da sustentabilidade. A busca por soluções tecnológicas sustentáveis em áreas isoladas vem se desenvolvendo há anos, mas a integração das mesmas para o alcance de uma construção mais sustentável iniciou-se a partir do surgimento de sistemas de certificação ambiental para as construções.

No contexto internacional já houve um despertar para tornar as construções sustentáveis obrigatórias através da inserção de parâmetros sustentáveis na legislação de códigos de obras. No Brasil, nas legislações pertinentes às construções nas cidades, não existem requisitos de exigências para que as construções possuam soluções projetuais sustentáveis, as mesmas são adotadas de forma espontânea ou quando há interesse em algum tipo de certificação.

Os sistemas de certificação para as construções são importantes ferramentas que ajudam a mensurar o nível de sustentabilidade projetual, além de fornecer diretrizes para o local de inserção do edifício. Algumas cidades brasileiras já notaram essa importância e criaram seus próprios sistemas, porém ainda sem a obrigatoriedade de adesão, apenas oferecendo benefícios fiscais. Através de

exemplos internacionais, nota-se que esses sistemas poderiam ser facilmente inseridos nos códigos de obras das cidades, fomentando a prática de construções mais sustentáveis e contribuindo no ato de projetar dos profissionais da área.

A metodologia de formulação dessas ferramentas de certificação para as construções ainda se encontra em construção, possuindo variação de região para região. Para a definição das categorias existe norma internacional que delinea as categorias mais usualmente utilizadas. Nota-se na literatura que o mais comum é o uso de categorias e critérios existentes em sistemas de certificações já reconhecidos como fatores definidores para novas ferramentas de avaliação, sendo observadas as características do local para a aceção dos requisitos.

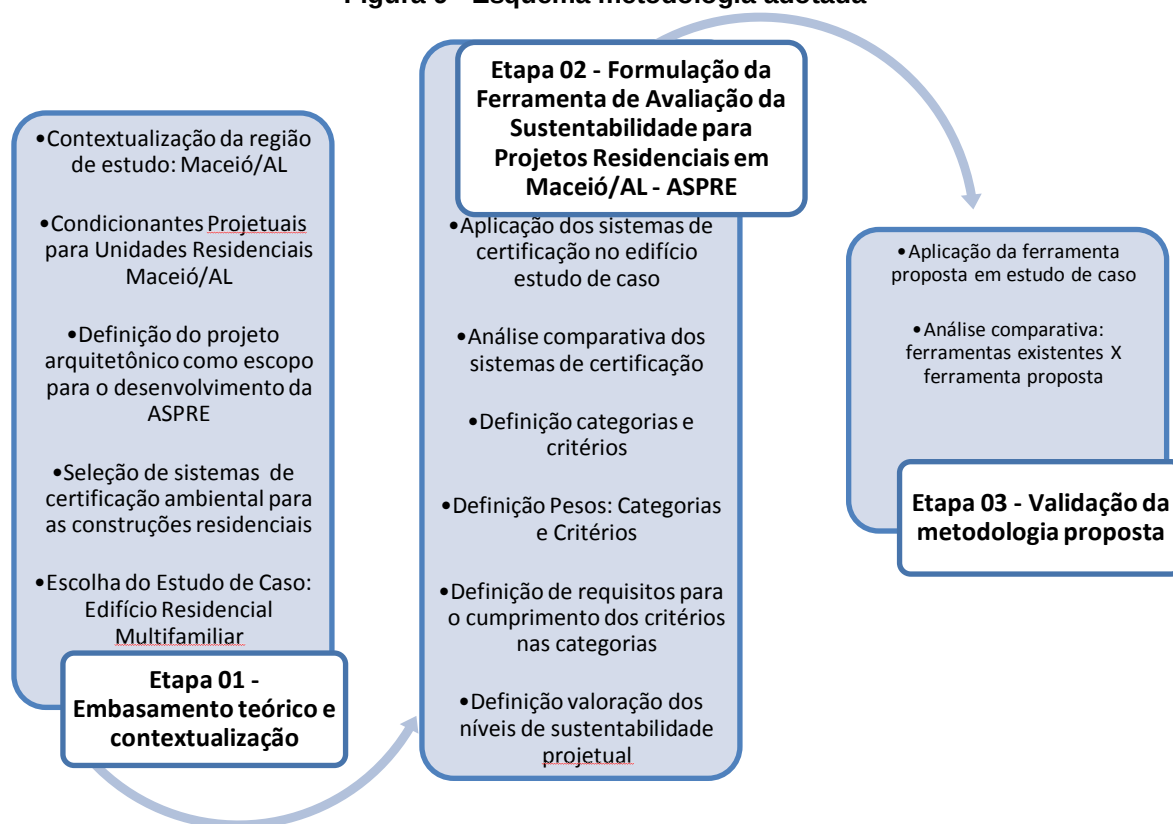
Na formulação das ferramentas estudadas, verifica-se a participação dos especialistas que condicionam o meio de mensuração dos pontos de forma qualitativa. Neste trabalho, foram buscadas metodologias mais objetivas que unissem o conhecimento do especialista a métodos quantitativos, vislumbrando-se a necessidade desse estabelecimento da maneira de mensurar os pesos para as categorias e critérios. Trabalhos recentes demonstram o uso da metodologia de análise multicriterial como meio eficiente para esses casos, pois consegue apreender a opinião subjetiva de um especialista e quantificá-la atribuindo assim valores para as categorias e critérios propostos nos referidos sistemas.

A conjunção dos métodos AHP e lógica *fuzzy* demonstra-se eficiente, pois o primeiro consegue quantificar a opinião subjetiva do especialista e o segundo atribui o grau de incerteza referente ao conhecimento humano, resultando em uma metodologia que gera um resultado quantitativo determinando o grau de possibilidade de algo ser verdadeiro ou não.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho é uma pesquisa descritiva e aplicada que se baseia em estudo de caso como procedimento metodológico através do método hipotético dedutivo. Para execução das atividades, a pesquisa foi dividida em três etapas principais que estão descritas a seguir (Figura 9).

Figura 9 - Esquema metodologia adotada



Fonte: Elaborada pela autora.

3.1 Etapa 01 - Embasamento teórico e contextualização

O início da pesquisa deu-se com uma revisão bibliográfica descritiva e exploratória que permitiu a definição de conceitos pertinentes ao trabalho – sustentabilidade, cidades sustentáveis, construções sustentáveis, sistemas de certificação e projeto integrado.

O tema sustentabilidade é amplo e possui diversas vertentes. Com a acepção desses conceitos foi possível, nesta tese, definir o âmbito de alcance do sistema de avaliação do nível de sustentabilidade para projetos residenciais que está sendo proposto.

Também foi realizado um levantamento dos sistemas de certificação ambiental para edificações residenciais existentes no Brasil, bem como das legislações e normas brasileiras relacionadas à sustentabilidade na construção civil. Após esse embasamento teórico inicial, foram realizados os procedimentos metodológicos mostrados a seguir.

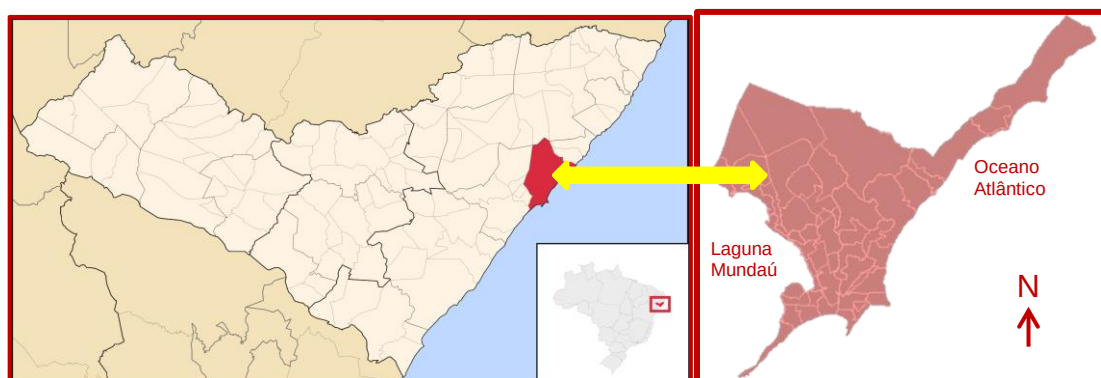
3.1.1 Contextualização da região de estudo: Maceió/AL

Sabe-se da importância do conhecimento das peculiaridades de cada local, onde serão erigidas as construções, a fim de possibilitar a elaboração de projetos arquitetônicos mais adequados ao meio, proporcionando um maior conforto ao usuário. Portanto, são expostas as características climáticas e de infraestrutura urbana da cidade de estudo do presente trabalho, Maceió/AL, como forma de possibilitar a determinação de condicionantes projetuais (climáticos e de infraestrutura urbana) para edificações residenciais na referida cidade.

3.1.1.1 Características Climáticas

Maceió, capital do Estado de Alagoas, possui área de 510,655 km². Está localizada no litoral oriental do Nordeste brasileiro e encontra-se na latitude 9°39'57" Sul e longitude 35°44'07" Oeste, às margens do Oceano Atlântico e do complexo lagunar Mundaú – Manguaba). Tem como limites: ao norte, os municípios de Flexeiras, Paripueira e Messias; ao sul, Coqueiro Seco, Santa Luzia do Norte, Satuba e Marechal Deodoro; a oeste, Satuba, Rio Largo e Messias e a leste o Oceano Atlântico (Figura 10).

Figura 10 - Localização da cidade objeto de estudo: Maceió/AL



Fonte: Adaptado de commons.wikimedia.org/wiki/File:Alagoas_Micro_Maceio.svg

Maceió/AL constitui um bom exemplo de constância de nível térmico que caracteriza o litoral do Nordeste brasileiro. Possui clima quente e úmido, com temperatura média anual em torno de 25°C, umidade relativa média de 75%, ventos predominantes de sudeste e pluviosidade média anual de 1867,4mm, com meses mais chuvosos de março a agosto¹⁰.

Segundo Santos et al (2000), a região apresenta evapotranspiração potencial anual média em torno de 1.200mm e cerca de 40%, concentra-se no quadrimestre outubro-janeiro, correspondente aos meses mais quentes do verão. Essa informação apresenta subsídios referentes ao sistema hidrológico, relacionada com a capacidade de retorno das águas pluviais ao ciclo.

As normais climatológicas mais recentes (1981-2010) mostram que as temperaturas médias mensais mais baixas ocorrem nos meses de março a setembro, enquanto os meses de novembro a abril possuem médias mensais de temperatura mais altas. Durante os dias, em geral, ocorre o aumento gradativo da temperatura a partir das 7 horas e resfriamento a partir das 15 horas. As temperaturas médias mínimas ocorrem às 6 horas e as máximas às 15 horas (PASSOS, 2009).

Quanto à umidade relativa do ar, os valores médios ao longo do ano são mais altos entre os meses de maio a agosto e mais baixos no período entre novembro e março. Os valores médios variam entre 71% em novembro e 81,1% em julho. Tanto a temperatura como a umidade possuem baixa variação anual.

¹⁰Fonte: Normais Climatológicas do Brasil / 1981-2010. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 12/09/2018, às 14:35h.

Quanto à precipitação, há uma concentração das chuvas entre os meses de abril e agosto, chegando a um valor médio mensal de precipitação de 353,8 mm no mês de junho, enquanto em dezembro este valor é de 40,5 mm.

Na ventilação, o vento sudeste é dominante em todas as épocas do ano, com velocidade média entre 2,4 e 3,8 m/s. Apresenta velocidades mais altas entre as 14 e as 19 horas, ficando acima de 3 m/s (PASSOS, 2009). Além disso, as velocidades costumam ser mais altas entre os meses de outubro a março, que corresponde ao período onde ocorrem as temperaturas mais altas. Nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro há a incidência do vento leste.

Abaixo na Tabela 3 está uma síntese com as informações referente as normais climatológicas mais recentes (1981-2010) para Maceió/AL.

Tabela 3 - Médias das normais climatológicas para Maceió/AL (1981-2010)

Temperatura Média (°C) – Meses/Ano												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
26,0	26,2	26,5	26,0	25,1	24,1	23,5	23,5	24,1	25,1	25,6	26,0	25,1
Temperatura Mínima (°C) – Meses/Ano/°C												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MÊS
2009	2002 e 2004	2005	2002	2002	2005	-	2005	1996	1996	2002	2000 a 2002	ANO
17,9	17,8	16,4	18,0	17,0	16,0	-	15,0	15,8	17,0	17,4	18,0	°C
Temperatura Máxima (°C) – Meses/Ano/°C												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MÊS
2003	2010	1988	2009	1998	1987	2009	1987	2009	2009	2005	2002	ANO
34,8	34,9	35,0	34,2	36,4	31,8	31,1	30,7	31,9	34,6	38,4	35,4	°C
Média Umidade Relativa do Ar Horária (%) – Meses/Ano												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
73,2	71,4	72,2	75,5	78,5	80,7	81,1	79,9	76,0	73,2	71,0	71,0	75,3
precipitação Acumulada (mm) – Meses/Ano												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
83,0	72,9	117,4	207,5	296,9	353,8	265,2	201,5	120,2	61,6	46,9	40,5	1867,4
Direção Predominante do Vento (Pontos cardeais e colaterais) – Meses/Ano												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
E	E	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	E	
Intensidade do Vento (m.s ⁻¹) – Meses/Ano												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
3,5	3,3	3,1	2,6	2,4	2,4	2,4	2,7	3,1	3,6	3,8	3,7	3,1

Fonte: Normais Climatológicas do Brasil / 1981-2010. Acesso em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. 12/09/2018, às 14:35h.

3.1.1.2 Caracterização da Infraestrutura Urbana

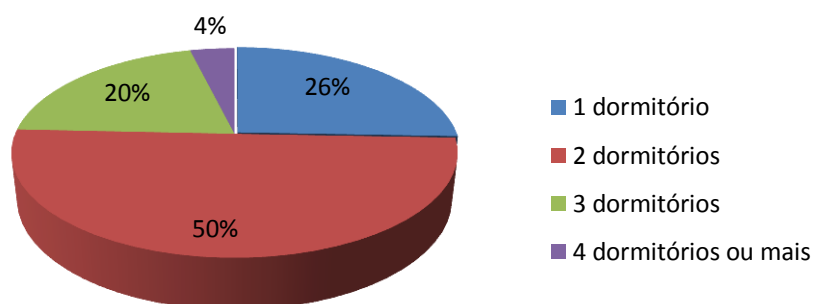
Segundo o Censo Demográfico realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a população urbana do Brasil é de 84,4% da população total. Esse dado demonstra a relevância na busca por soluções mais

sustentáveis para as construções e consequentemente para as cidades. As informações do conjunto universo do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010) mostram um Brasil com o predomínio de domicílios do tipo casa (86,9%) e apartamento (10,7%), com uma média de 3,3 moradores por domicílio.

Maceió possui uma população de 932.748 habitantes que estão domiciliados em 274.059 unidades, 68,5% desses domicílios possuem de 2 a 4 moradores com uma densidade por dormitório de 1,0 a 2,0 moradores. 70% dos domicílios do município possuem de 2 a 3 dormitórios (Figura 11).

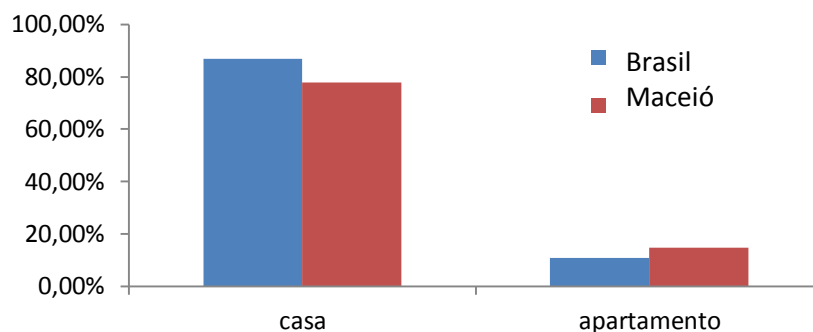
Esse total de domicílios divide-se, em sua maioria, em duas tipologias, ficando assim distribuídos: 213.139 casas e 40.203 apartamentos. O restante de 20.717 unidades habitacionais divide-se em outras tipologias: casa de vila, casa em condomínio, oca ou maloca, cortiço. Nota-se uma semelhança com a tendência nacional de maior número de edificações residenciais unifamiliares (Figura 12).

Figura 11 - Percentual de domicílios por dormitórios em Maceió-AL.



Fonte: Adaptado IBGE (2010)

Figura 12 - Relação da tipologia de edificações residenciais no Brasil e em Maceió/AL



Fonte: Adaptado IBGE (2010)

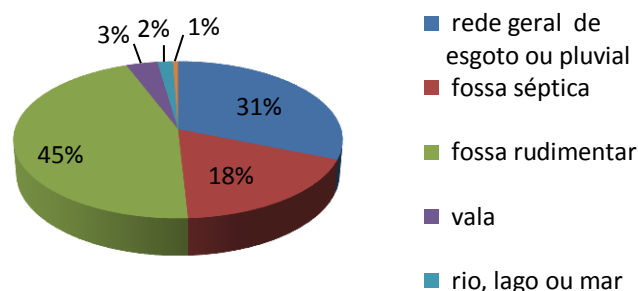
A infraestrutura de serviços de saneamento básico relaciona-se com a adequação das moradias e o bem-estar e saúde dos moradores. O saneamento básico, que engloba os serviços de distribuição de água, coleta e destinação dos resíduos líquidos e sólidos, é de fundamental importância para a sustentabilidade urbana.

Analizando o período entre os anos 2000 e 2010, a infraestrutura de saneamento básico apresentou melhorias no abastecimento de água por rede geral, no esgotamento por rede geral e fossa séptica, e na coleta de lixo dos domicílios (IBGE, 2010). O crescimento do serviço de abastecimento de água por rede geral ocorreu em todas as Grandes Regiões do País, embora de forma desigual. O Brasil possui uma média de 82,9% dos domicílios conectados a rede de distribuição de água potável. A Região Nordeste, apesar dos avanços, continua com percentuais baixos (76,6%). Nesse quesito, Maceió/AL está na média da Região Nordeste com 203.565 domicílios ligados na rede geral de abastecimento de água (74,3%).

Das condições de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que apresenta o mais longo caminho a ser percorrido para atingir índice satisfatório que possa garantir melhorias nas condições de moradia e de saúde da população, bem como preservar a qualidade do meio ambiente. No decorrer dos dez anos entre os Censos Demográficos, aumentou a proporção de domicílios ligados à rede geral de esgoto ou com fossa séptica. O Brasil possui uma média de 67,1% de domicílios com saneamento de esgoto, porém com grandes discrepâncias entre as regiões: 86,5% é a média da Região Sudeste, enquanto a região Nordeste possui 45,2%. Na referida região, as fossas rudimentares são a solução de esgotamento sanitário tanto para domicílios urbanos quanto para rurais.

Em Maceió/AL, 267.182 (97,5%) unidades habitacionais possuem algum sistema de esgotamento sanitário. Apesar de ser um valor percentual alto, salienta-se que apenas 83.191 (30,4%) unidades têm acesso à rede coletora de esgoto do município, sistema ideal de esgotamento sanitário. O maior número de domicílios possui fossa rudimentar como sistema de esgotamento sanitário, 120.323 (43,9%) unidades. Esse sistema não assegura tratamento dos efluentes líquidos e pode ocasionar a contaminação do meio, além de causar doenças. Na Figura 13 percebem-se os meios de descarte dos efluentes líquidos domésticos, nota-se que há ainda como forma de descarte dos efluentes líquidos o despejo dos mesmos em rios, lagos, mares e valas.

Figura 13 - Unidades habitacionais em Maceió/AL e seus sistemas de descarte dos efluentes líquidos.

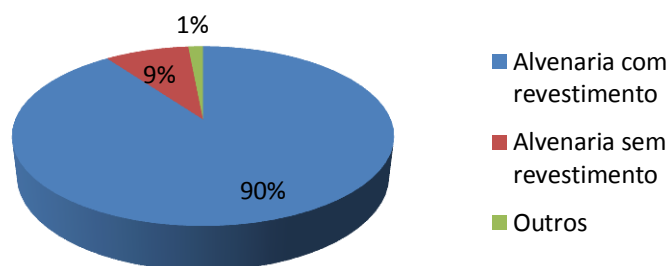


Fonte: Adaptado IBGE (2010)

Como os demais serviços de saneamento, a coleta de lixo aumentou no período entre os Censos Demográficos em todas as Regiões, chegando a 2010 com uma ampla cobertura: a mais abrangente se encontrava na Região Sudeste (95%), seguida da Região Sul (91,6%) e da Região Centro-Oeste (89,7%). As Regiões Norte e Nordeste, que tinham menor cobertura, foram as que apresentaram crescimento mais alto no período, um aumento de 16,6 pontos percentuais e 14,4 pontos percentuais, respectivamente. Nas áreas urbanas de todas as grandes regiões, o serviço de coleta de lixo dos domicílios estava acima de 90%. Em Maceió/AL, o descarte dos resíduos sólidos é acessado por 267.551 (97,6%) unidades habitacionais através da coleta de lixo ofertada pelo município, recolhidos por serviço de limpeza ou caçambas, comprovando o crescimento nacional encontrado entre os anos 2000 e 2010.

Pela primeira vez, o IBGE incluiu no Censo Demográfico de 2010 a investigação do fornecimento de energia elétrica para toda a população, permitindo confirmar a abrangência desse serviço aos domicílios do País. Em 2010, dos serviços prestados aos domicílios, a energia elétrica foi a que apresentou a maior cobertura (97,8%). A distribuição de energia elétrica em Maceió/AL é acessada em 98,5% das unidades habitacionais que são interligadas à rede distribuidora de energia do município.

Os domicílios foram classificados pelo tipo de material de suas paredes externas. Na Figura 14 pode-se observar que 90% das edificações possuem alvenaria com revestimento.

Figura 14 - Domicílios em Maceió/AL versus tipo de material de suas paredes externas

Fonte: Adaptado IBGE (2010)

Do total dos domicílios em Maceió/AL, 189.104 (69%) estão situados em áreas urbanas com ordenamento regular. A seguir, no Quadro 15, encontram-se os dados referentes a essa percentagem de domicílios, caracterizando o entorno dos mesmos na cidade.

Quadro 15 - Áreas urbanas com ordenamento regular de Maceió/AL, por forma de características do entorno

Característica	Existência	Nº domicílios	%
Iluminação pública	Existe	182.401	96.45
	Não existe	5.933	3.14
	Sem declaração	770	0.41
Pavimentação	Existe	133.753	70.73
	Não existe	54.581	28.86
	Sem declaração	770	0.41
Calçada	Existe	141.827	75.00
	Não existe	46.507	24.6
	Sem declaração	770	0.41
Bueiro/boca de lobo	Existe	81.098	42.88
	Não existe	107.236	56.71
	Sem declaração	770	0.41
Rampa para cadeirante	Existe	10.921	5.77
	Não existe	177.413	93.82
	Sem declaração	770	0.41
Arborização	Existe	109.927	60.26
	Não existe	78.407	41.46
	Sem declaração	770	0.41
Esgoto a céu aberto	Existe	72.429	38.30
	Não existe	115.905	61.29
	Sem declaração	770	0.41
Lixo acumulado nos logradouros	Existe	17.961	9.50
	Não existe	170.373	90.10
	Sem declaração	770	0.41

Fonte: IBGE (2010)

Os dados do Quadro 15 demonstram que na cidade de Maceió/AL existe uma boa abrangência para os domicílios que possuem iluminação pública em seu

entorno, 96,5%. Quanto à pavimentação, 70,7% dos domicílios possuem em seu entorno ruas pavimentadas e 75% possuem calçadas. Apenas 5,8% das residências possuem no seu entorno passeios com rampas para acessibilidade de pessoas com deficiência, dado que confirma a problemática da acessibilidade na cidade.

Menos de 50% das vias em Maceió/AL possuem bueiros, o que demonstra a fragilidade do sistema de drenagem urbana. Em conjunto com a falta de manutenção (limpeza do sistema) não raramente ocasionam alagamentos na cidade durante a estação chuvosa. Em 38,3% das ruas existe ainda esgoto a céu aberto, demonstrando a enorme problemática vivenciada pelo saneamento quanto ao descarte dos efluentes líquidos domésticos. A arborização não existe em pouco mais de 40% das vias, outro fator importante para melhorar o microclima e através do solo com vegetação permitir a permeabilidade do solo.

Segundo Rabelo; Mendes e Silva (2016), a preferência pelo transporte individual em relação ao público, característica ainda marcante no Brasil, proporciona uma crise de mobilidade urbana, o que ocorre, sobretudo nos grandes centros. A mobilidade urbana de Maceió é obtida pela população através do transporte público oferecido por meio de ônibus e trem urbano. Em novembro de 2017 deu-se início também o transporte com o Veículo Leve sobre Trilhos (VLT)¹¹.

De acordo com dados de 2011/2012 da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos - NTU, no Brasil, o transporte público urbano é responsável pelo deslocamento de 40 milhões de passageiros por dia e somente o segmento dos ônibus atende a 86,8% da demanda de transporte público coletivo. Porém, na cidade de Maceió/AL, verifica-se uma insuficiência nesse serviço que gera insatisfação nos usuários. As reclamações são devido à irregularidade do serviço, alto tempo de espera nas paradas de ônibus e veículos sem manutenção (RABELO; MENDES; SILVA, 2016).

Em 2014, a Prefeitura do Município de Maceió delimitou a faixa azul¹² em algumas das principais avenidas de circulação da cidade. Os corredores estão implantados à direita em toda a extensão e nos dois sentidos de fluxo das avenidas Fernandes Lima, Durval de Góes Monteiro e em sentido único nas avenidas

¹¹ O projeto do Veículo Leve sobre Trilhos de Maceió (VLT) faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) da Mobilidade Urbana.

¹² Faixa azul é a demarcação de faixa exclusiva, pela Prefeitura de Maceió, com a cor azul e redutores de velocidade com marcadores refletivos (tachas), criando corredores exclusivos para ônibus, com o objetivo de diminuir o tempo de viagem.

Comendador Leão e Dona Constança. “O objetivo foi deixar a viagem do transporte público mais rápida”¹³.

Ressalta-se que as avenidas acima citadas são os principais eixos de transporte público da região metropolitana, fazendo a conexão da parte alta com a parte baixa da cidade.

O horário de funcionamento do corredor (faixa azul) é de 6h às 20h nos dias úteis, sendo liberado o fluxo fora deste período, finais de semana e feriados. Outras ações foram a Onda Verde, com a sincronização dos semáforos nas Avenidas Durval de Góes Monteiro e Fernandes Lima.

A integração intermodal é um ponto fraco de Maceió, demonstrando a falta de variedade no transporte público. A cidade conta apenas com o sistema de ônibus, ainda não troncalizado, e que começa agora sua fase de integração temporal, com os chamados complementares (micro-ônibus), com o trem e com o VLT (que atendem a uma demanda consideravelmente pequena em relação ao total de viagens diárias) (RABELO; MENDES; SILVA, 2016, p.9).

Com base nesse levantamento de dados foi possível averiguar as principais condicionantes projetuais (características climáticas e de infraestrutura urbana) para edificações residenciais em Maceió/AL. Foram elencadas como prioritárias para a definição dos critérios da ferramenta proposta ASPRE, as características de infraestrutura que possuem baixo índice, como saneamento e acessibilidade. Com relação às características climáticas, elencou-se como prioritário o aproveitamento da luz e ventilação naturais, fazendo uso da arquitetura bioclimática para incrementar o conforto do usuário.

3.1.2 Condicionantes Projetuais para Unidades Residenciais Maceió/AL

Para determinação das condicionantes projetuais para Maceió/AL, foram adotadas as estratégias bioclimáticas propostas para a arquitetura habitacional indicados em Passos (2009) e Tibúrcio (2018), mostradas a seguir.

Ao longo do ano verifica-se que o número de horas em conforto térmico em Maceió é abaixo de 50% do total das horas inseridas na Carta Bioclimática¹⁴. Isso

¹³ <http://www.maceio.al.gov.br/smtt/faixa-azul>. Acesso em 27/07/2015, às 09:25h.

evidencia a necessidade da adoção de estratégias bioclimáticas ou condicionantes artificiais, para a obtenção do conforto térmico em edificações na cidade em estudo.

O uso da ventilação natural em Maceió/AL, mesmo no período mais quente do ano, quando as temperaturas externas excedem os 32°C, poderia amenizar a sensação de desconforto através da evaporação do suor, já que os valores médios de umidade relativa do ar podem alcançar 83,1% durante o ano. Recomenda-se o resfriamento evaporativo através da vegetação, com jardins internos ou coberturas vegetais nas paredes externas, evitando-se um aumento de desconforto devido a um possível incremento da umidade do ar, que já possui índices altos ao longo do ano.

O sombreamento é uma estratégia importante para Maceió/AL, devido à necessidade de proteção contra radiação solar intensa. Essa demanda é comum em regiões de clima quente e úmido. As recomendações da NBR 15.220 (ABNT, 2005) adaptam-se para Maceió/AL no período de inverno – período chuvoso de abril a agosto. Segundo Passos (2009), com elevadas temperaturas no verão, apenas a ventilação natural não é suficiente para o conforto térmico no interior das edificações residenciais, sendo necessárias outras estratégias de resfriamento e climatização artificial em alguns momentos.

A NBR 15.575 (ABNT, 2013) determina que para um desempenho térmico mínimo exigido nas edificações residenciais, no período de verão, a temperatura interna máxima deve ser menor ou igual à temperatura externa máxima.

Verifica-se uma grande diferença para o tamanho das aberturas recomendados pelas normas NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) e a NBR 15.575 (ABNT, 2013). A primeira recomenda uma área maior que 40% da área do piso, já a segunda diz que maior ou igual a 8%; apesar de ambas afirmarem que a zona bioclimática 8 necessita de aberturas grandes para ventilação. Em estudo recente Tibúrcio (2018) definiu que para a referida zona bioclimática o ideal seria uma área maior ou igual a 30% da área de fachada, esse será o dimensionamento de aberturas para ambientes de longa permanência adotados no presente trabalho.

Na Tabela 4, faz-se um comparativo entre as estratégias recomendadas segundo a Carta Bioclimática de Givoni (GIVONI, 1992), as recomendações das

¹⁴ Carta Bioclimática desenvolvida sobre uma carta psicrométrica convencional e baseia-se em temperaturas internas ao edifício (GIVONI, 1992).

normas NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) e NBR 15.575 (ABNT, 2013) e as estratégias recomendadas por Passos (2009) e Tibúrcio (2018).

Tabela 4 - Comparativo de estratégias projetuais para Maceió-AL, zona 8

ESTRATÉGIAS				
CARTA BIOCLIMÁTICA	NBR 15.220-3 (2005)	PASSOS (2009)	NBR 15.575 (2013)	TIBÚRCIO (2018)
Ventilação	Aberturas grandes para ventilação $A > 40\%^*$	Ventilação com controle	Aberturas para ventilação grandes $A \geq 8\%^*$	Aberturas para ventilação $A_f \geq 30\%^{**}$
Massa térmica para resfriamento	Sombreamento	Sombreamento		Ventilação cruzada
Resfriamento evaporativo	Paredes e coberturas leves e refletoras	Resfriamento evaporativo		Locação aberturas paredes opostas
Ar-condicionado	Ventilação cruzada permanente			

*Sendo A = área do piso por ambiente

** Sendo A_f = área da fachada

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 5, verificam-se as estratégias bioclimáticas e os períodos que as mesmas devem ser utilizadas.

Tabela 5 - Estratégias bioclimáticas e os períodos que as mesmas devem ser utilizadas na cidade de Maceió/AL

Período	Estratégia Bioclimática	Elementos Arquitetônicos	Condições
Abril-agosto	Ventilação natural diurna	Venezianas móveis, brises, esquadrias pivotantes	Controle de aberturas
Todo o ano	Ventilação natural noturna	Pérgulas, peitoris ventilados	
Todo o ano	Resfriamento evaporativo	Vegetação	
Todo o ano	Sombreamento	Beirais, brises, cobogós	
Todo o ano	Proteção contra as chuvas	Beirais	

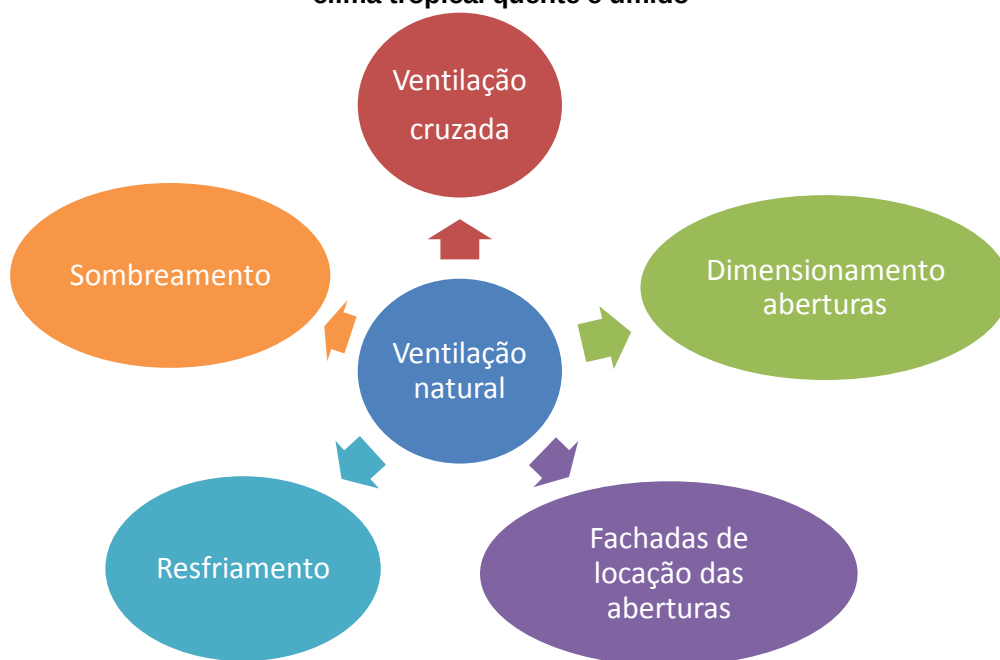
Fonte: Adaptado de Passos (2009).

A NBR 15.220 (ABNT, 2005) não faz distinção entre os períodos diurno e noturno para as recomendações das estratégias bioclimáticas, também não indica localização e tipologia das esquadrias para edificações localizadas na zona bioclimática 8. Porém, verifica-se que tais características são importantes para o alcance do conforto térmico na cidade em estudo. Acrescenta-se a relevância da

observação da orientação solar na implantação das edificações. Corroborando com as estratégias bioclimáticas, pode-se citar também a importância do uso de elementos arquitetônicos em edificações verticais como os brises e as varandas, já citados por Passos (2009).

Com base na contextualização da região de estudo, foram elencados como prioritários em termos climáticos e de infraestrutura para a obtenção de edificações mais sustentáveis na cidade de Maceió/AL os itens relacionados nas Figura 15 e Figura 16. Foram verificados, de acordo com o censo demográfico do IBGE (2010), os critérios com maior deficiência quantitativa (base da pirâmide) até os de menor deficiência (topo da pirâmide) na cidade.

Figura 15 - Critérios elencados como prioritários para a cidade de Maceió/AL referentes ao clima tropical quente e úmido

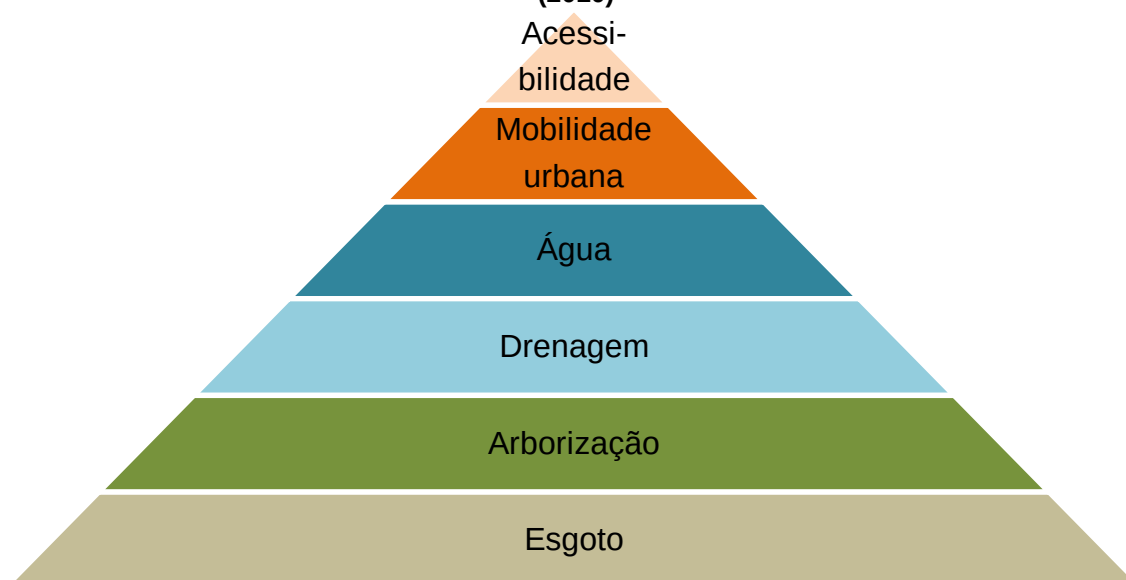


Fonte: Elaborada pela autora.

É importante salientar que as condicionantes projetuais para Maceió/AL definidas no presente trabalho, levando em consideração as características climáticas e de infraestrutura urbana, podem ser análogas para outras cidades com características semelhantes. Cita-se aqui a possibilidade de similaridade entre as capitais da região Nordeste do Brasil devido à posição geográfica e ao desenvolvimento econômico equivalente, sendo este fator determinante da

infraestrutura urbana. Porém, a equivalência necessitaria de um estudo específico para levantamento das condicionantes projetuais nas referidas cidades para determinação e hierarquização dos critérios prioritários, tal como foi aqui realizado.

Figura 16 – Critérios com maior deficiência quantitativa (base da pirâmide) até os de menor deficiência (topo da pirâmide) na cidade de Maceió/AL, segundo censo demográfico IBGE (2010)



Fonte: Elaborada pela autora

Baseado nas condicionantes projetuais para Maceió/AL são aqui elencadas recomendações de projeto gerais para edificações residenciais. Essas recomendações devem ser observadas como forma de prever soluções podendo evitar o agravamento de problemas já detectados na cidade. Podem servir de guia para a orientação de projetistas na elaboração de projetos arquitetônicos e à legislação municipal para que o projeto sustentável passe para o âmbito legal e/ou como forma de incentivo com o intuito de incrementar a prática de projetos residenciais mais sustentáveis ambientalmente. No presente trabalho, as referidas recomendações servem de embasamento para a definição dos requisitos da ferramenta proposta e são listadas a seguir.

3.1.2.1 Estratégias bioclimáticas

1. Resfriamento evaporativo com vegetação – paredes verdes;

2. Inércia térmica – teto jardim;
3. Edificação locada no terreno fazendo o melhor aproveitamento para a captação da ventilação e iluminação naturais – Disposição das áreas social e íntima nas fachadas leste, sudeste e nordeste;
4. Área de permeabilidade prevista, sempre que possível, além da área mínima exigida no código, como forma de possibilitar a infiltração das águas pluviais;
5. Nas áreas permeáveis, prever arborizações, sempre que possível, como forma de melhorar o microclima.

3.1.2.1.1 Aberturas

1. Aberturas grandes para ventilação em ambientes de maior permanência, área igual ou maior que 30% da área da fachada (TIBÚRCIO, 2018);
2. Fachadas de locação das aberturas permitindo que as mesmas captem a ventilação natural. Melhores fachadas, leste, sudeste e nordeste;
3. Ventilação cruzada;
4. Dispositivos de sombreamento para evitar o aquecimento excessivo do ambiente – beirais, brises e cobogós;
5. Esquadrias com controle de ventilação (venezianas móveis).
6. Ambientes não enclausurados, mesmo quando permitidos pelo Código de Urbanismo e Edificações (MACEIÓ, 2007). Exemplo: lavabos, área de circulação edifícios multifamiliares.

3.1.2.2 Dimensionamento dos ambientes

1. Recomendações da Norma de Desempenho NBR 15.575 (ABNT, 2013), como forma de obter o dimensionamento mínimo dos ambientes para edificações residenciais onde, sugere-se prever a disponibilidade de espaço nos cômodos do edifício habitacional para colocação e utilização dos móveis e equipamentos-padrão listados no Anexo X da referida norma;

2. 3% das unidades residenciais acessíveis em edificações multifamiliares para pessoas com deficiência, seguindo as recomendações da NBR 9050 (ABNT, 2015);
3. Edificações residenciais unifamiliares, sempre que possível, de acordo com os princípios de desenho universal¹⁵.

3.1.2.3 Soluções arquitetônicas de infraestrutura

3.1.2.3.1 Projeto de agenciamento

1. Acesso à edificação residencial, bem como às áreas de lazer e convívio de forma acessível, seguindo as recomendações da NBR 9050 (ABNT, 2015);
2. Calçada acessível, seguindo as recomendações da NBR 9050 (ABNT, 2015), possibilitando o acesso dos moradores à cidade.

3.1.2.3.2 Projeto hidrossanitário

1. Projeto elaborado com segregação de efluentes, realizando tratamento interno para reaproveitamento das águas cinzas e destinação das águas negras na rede coletora de esgoto ou tratamento com fossa séptica e sumidouro em locais da cidade que ainda não tenham o sistema de coleta e/ou;
2. Sistema de tratamento para efluentes sanitários com eficiência maior que as fossas sépticas quando o terreno não estiver locado em área com o sistema de coleta de efluentes líquidos;
3. Captação das águas pluviais e seu armazenamento para utilização na irrigação de jardins ou posterior infiltração de forma gradativa para evitar o encharcamento do solo;

¹⁵ Conceito de desenho universal: concepção de produtos, ambientes, programas e serviços a serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou de projeto específico, incluindo os recursos de tecnologia assistiva (LEI Nº 13.146, DE 6 DE JULHO DE 2015).

4. Redes de água separadas: uma para água potável e outra para água de reúso (quando houver a reutilização de águas cinzas e/ou aproveitamento das águas pluviais);
5. Vasos sanitários, torneiras e registros de pressão com especificações que sejam ou possuam sistemas economizadores;
6. Medidores individualizados em edificações multifamiliares.

3.1.2.3.3 Projeto elétrico

1. Dispositivos que visem a utilização racional da energia na edificação – sensores de presença, sistemas de interruptor paralelo;
2. Diodo com emissor de luz no lugar de lâmpadas;
3. Fontes alternativas de energia quando possível;
4. Medidores individualizados em edificações multifamiliares.

3.1.2.3.4 Projeto gás natural

1. Sistema de gás natural para o aquecimento de água além de sua utilização em fogões e fornos, sempre que possível.

3.1.2.3.5 Projeto estrutural

1. Alternativas de projeto arquitetônicos que possibilitem o uso dos materiais na obra sem que seja necessário desperdícios através de ajustes de dimensão – sugestão de uso da metodologia projetual e construtiva da coordenação modular.

3.1.2.4 Recomendações gerais

1. Armazenamento do lixo de forma seletiva;

2. Bicicletários em edificações multifamiliares;
3. Terreno selecionado deve possuir, sempre que possível, infraestrutura na circunvizinhança instalada (água, esgoto, lixo, transporte público, equipamentos de lazer, vias de acesso).

3.1.3 Definição do projeto arquitetônico residencial como escopo para o desenvolvimento da ASPRE

O setor residencial foi o escolhido como base de apreciação para análise da ferramenta proposta ASPRE, pois, segundo dados da Pesquisa da Construção Civil (CBIC, 2013), em Maceió, o segmento de obras residenciais executou construções no valor de R\$ 69,5 bilhões em 2012, correspondendo a 24,7% do total das incorporações, obras e/ou serviços da construção, resultado superior ao apresentado em 2011 (22,0%). O produto mais importante neste grupo são os edifícios residenciais, produto de maior peso individual, que passou, em valores nominais, de R\$ 44,1 bilhões em 2011 para R\$ 57,2 bilhões em 2012, aumentando sua participação de 18,7% (2011) para 20,3% (2012). Os gastos com serviços de reforma ou manutenção de edifícios residenciais cresceram de R\$ 7,7 bilhões (2011) para R\$ 12,3 bilhões (2012), aumentando sua participação de 3,3% para 4,4% entre 2011 e 2012.

A informação supracitada demonstra a importância dessa tipologia de construção e seus impactos na cidade. Além disso, no ano de 2017 houve aumento nos lançamentos e nas vendas de unidades residenciais na cidade de Maceió em relação ao ano de 2016, segundo dados do Balanço de 2017 dos Indicadores Imobiliários Nacionais realizado pelo CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) com o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial)¹⁶.

Dados da resenha estatística do Estado de Alagoas (2016), mostram o maior consumo de energia elétrica do setor residencial (Figura 17), sendo este outro fator demandante de atenção para essa tipologia construtiva no que diz respeito às questões de sustentabilidade.

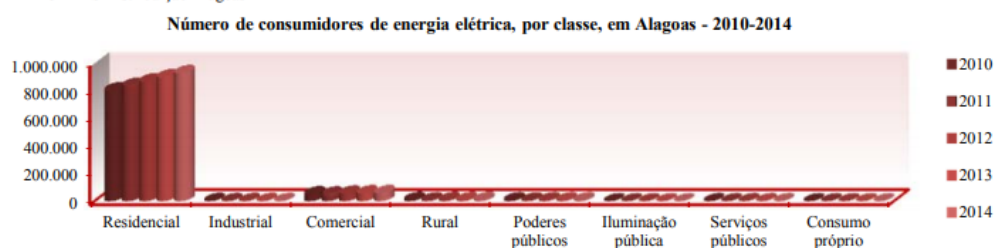
¹⁶ Acesso em 11/09/2018, às 11:35h.

http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/indicadores_imobili%C3%A1rios_nacionais__4T_2017.pdf

Figura 17 - Energia Elétrica: Consumo e Consumidores por Classe de 2010 a 2014

CLASSES	2010	2011	2012	2013	2014
Residencial	805.236	840.275	870.668	900.642	930.441
Industrial	2.642	2.677	2.671	2.649	2.593
Comercial	50.305	52.179	56.367	57.689	59.163
Rural	9.908	10.033	10.326	10.429	11.595
Poderes públicos	7.928	8.285	8.345	8.581	8.673
Iluminação pública	163	194	200	197	203
Serviços públicos	1.074	1.050	1.092	1.139	1.199
Consumo próprio	136	150	153	128	104
Total	877.392	914.843	949.822	981.454	1.013.971

Fonte: ELETROBRÁS Distribuição Alagoas



Fonte: Eletrobrás apud Resenha Estatística do Estado de Alagoas (2016).

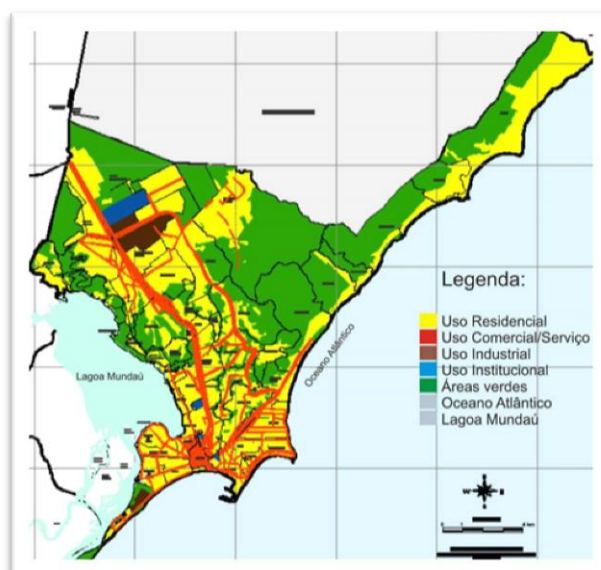
A cidade em estudo possui como legislação para as construções o Código de Urbanismo e Edificações de Maceió (MACEIÓ, 2007) que não apresenta exigências construtivas em relação à sustentabilidade ambiental, deixando a critério do projetista (sem estabelecer requisitos) características como ventilação e iluminação naturais. É necessário um incentivo para que haja uma maior adoção das práticas projetuais e construtivas que gerem edificações mais sustentáveis. Corroborando para isso, pode-se observar o aumento na densidade construída em Maceió/AL na Figura 18, dos anos 1980 para a década atual, destacando a importância da preocupação com o modo de se projetar os edifícios e de construí-los. Na Figura 19, tem-se o mapa de uso e ocupação do solo de Maceió/AL de 2009, deixando evidente que a maior parte das edificações dessa cidade possui uso residencial.

Figura 18 - Maceió nos anos 1980 e Maceió/AL nos dias atuais: aumento na densidade construída.



Fonte: <https://culturaeviajem.wordpress.com/2013/04/19/em-poucos-anos-tudo-pode-mudar-iii-ponta-verde-maceio>

Figura 19 - Mapa de uso e ocupação do solo em Maceió/AL no ano de 2009



Fonte: Melo (2009).

A fase projetual foi selecionada para a elaboração da ferramenta ASPRE, pois, esta é etapa inicial é decisiva na construção de uma edificação. É o momento no qual as deliberações de projeto podem caracterizar o nível de sustentabilidade ambiental do edifício e seu efeito no entorno.

O projeto é um dos elementos fundamentais do processo de produção no setor da construção. É na fase de projeto que o produto é concebido e os materiais e as técnicas construtivas são especificados. É o elemento indutor da racionalização da construção, da qualidade do produto final e de sua sustentabilidade (CARVALHO; SPOSTO, 2012, p. 208).

3.1.4 Seleção de sistemas de certificação ambiental para as construções residenciais

Existem sistemas de avaliação da sustentabilidade que fornecem a base para a formulação de novas metodologias: método de construção de Avaliação Ambiental (BREEAM), que foi desenvolvido no Reino Unido, a Sustainable Building Challenge Framework (SBTool), que foi desenvolvido pelo trabalho colaborativo de 20 países, e a Liderança em Energia e Projeto Ambiental (LEED), que foi desenvolvido nos EUA (BRAGANÇA; MATEUS; KOUKKARI, 2010).

Assim como em Souza (2008), a etapa de embasamento teórico subsidiou a escolha dos métodos de avaliação utilizados como base para a proposição da ferramenta proposta. Foram selecionados, dentre os sistemas de certificação para a construção utilizados no Brasil, três sistemas. Utilizou-se como critério para seleção os selos que foram desenvolvidos ou adaptados especificamente para o país e para a área residencial: o Selo Casa Azul (CAIXA, 2010), o Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014) e o AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014). Além disso, possuem método de aplicação de fácil entendimento: o *checklist*. Segundo Kang; Lee; Kim (2016) as ferramentas de avaliação da sustentabilidade para as construções precisam possuir forma simples de avaliação para que seja facilmente compreendida por todos.

3.1.5 Escolha do Estudo de Caso: Edifício Residencial Multifamiliar

Após a seleção dos sistemas de certificação para edificações residenciais, escolheu-se um projeto arquitetônico residencial multifamiliar para a aplicação individualizada de cada um dos sistemas previamente selecionados. O estudo de caso possibilitou analisar as ferramentas de avaliação existentes e suas metodologias para aplicação e cálculo para a classificação final do projeto avaliado.

O estudo de caso também serviu como forma de averiguar a aplicabilidade da ferramenta proposta.

Dessa forma, a escolha do projeto arquitetônico levou em consideração características tipológicas que, segundo o IBGE (2010), foram os padrões de projeto mais comuns de construção local - apartamentos de dois a três dormitórios.

Corroborando com os dados fornecidos pelo IBGE (2010), Assis Júnior (2014) teve como objetivo em seu trabalho levantar dados dos empreendimentos do Programa Minha Casa, Minha Vida (BRASIL, 2009) aprovados em Maceió-AL, entre os anos de 2009 a 2012 e categorizar as diversas plantas elaboradas por diferentes projetistas para os distintos empreendimentos. Segundo o autor supracitado, entre os projetos com mais de 4 pavimentos apresentados pelas construtoras estudadas, a semelhança entre eles se dá no âmbito do conteúdo programático que geralmente apresentam edificações com apartamentos de 2 e 3 quartos na maioria dos casos (ASSIS JÚNIOR, 2014).

Assim como o Referencial GBC Brasil Casa (2014), foi utilizado estudo de caso para avaliação do sistema proposto, pois a análise é focada no desempenho do sistema aplicado. Utilizou-se único estudo de caso para a aplicação dos sistemas estudados e proposto, para em seguida realizar avaliação comparativa do desempenho alcançado com os resultados de cada sistema. O projeto arquitetônico do edifício residencial multifamiliar selecionado foi realizado por arquitetos locais e seu projeto foi aprovado pela Prefeitura Municipal de Maceió em agosto de 2014. Localiza-se na Avenida Muniz Falcão, Barro Duro, Maceió/AL. A localidade da construção é dotada de boa infraestrutura urbana, próxima a restaurantes, faculdades, escolas, transporte público (Figura 20). Encontra-se em uma via de acesso a avenidas que interligam a parte alta a parte baixa da cidade. Possui 6 pavimentos tipo além de pilotis e subsolo; é composto por 2 blocos independentes (Gardênia e Camélia) que se comunicam apenas pelos pavimentos de áreas comuns (Figura 21).

Figura 20 - Localização da edificação objeto de estudo na cidade de Maceió/AL com pontos de referência



Fonte: Adaptado Google Earth

Figura 21 – Perspectiva do objeto de estudo e foto da etapa da obra em maio de 2018



Fonte: Construtora.



Fonte: Própria autora.

O edifício, objeto de estudo, está sendo erigido de acordo com o sistema construtivo convencional da construção¹⁷. Além disso, como ainda é a prática realizada por grande parte dos escritórios de arquitetura em Maceió/AL, seu projeto não foi elaborado de forma integrada, havendo a contratação, após a elaboração projetual, de equipe para realização de compatibilização com os demais projetos complementares.

O projeto utilizado como estudo de caso não foi elaborado buscando-se uma certificação da construção, mas percebe-se uma atenção com a sustentabilidade ambiental ao observar a adoção de práticas que não são obrigatórias, como a utilização de madeira mista certificada e o uso de materiais para a construção considerados mais eficientes sob o ponto de vista do racionamento no uso de recursos naturais, como o concreto usinado, já que existe criterioso controle na quantidade de cada componente.

A obra teve início no ano de 2014 e até junho de 2018 não tinha sido finalizada. Em seu projeto, as fachadas estão especificadas com revestimento cerâmico 7,5x7,5cm e pintura epóxi na cor branca. A cobertura é composta por laje plana impermeabilizada sem previsão de cobertura com telhas, e as paredes são de blocos cerâmicos possuindo espessura final prevista de 15cm.

Segundo informações fornecidas por funcionários da construtora, a estrutura utilizada é composta por pilares e vigas em concreto armado. Foram empregados concretos com baixa emissão de CO₂ em sua fabricação (concreto usinado) e também se utilizou madeira mista certificada para as escoras. A construtora do edifício possui adesão ao PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), demonstrando responsabilidade com a sustentabilidade ambiental. O projeto com plantas baixas, cortes e fachadas do empreendimento objeto de estudo encontra-se no Anexo B.

A implantação da edificação no terreno (Figura 22) não favorece o aproveitamento das condições naturais de iluminação e ventilação (condicionante prioritária para a cidade de Maceió/AL) para as terminações das duas torres. Além disso, a localização e dimensionamento das aberturas são outros fatores limitantes

¹⁷ Define-se o sistema construtivo convencional aquele cuja construção necessita de pilares, vigas e lajes de concreto e os vãos destinados às paredes são preenchidos com blocos ou tijolos. Neste método as paredes são conhecidas como não-portantes, ou seja, não recebem carga que não seja o seu próprio peso, considerando-se apenas como alvenaria de vedação (SANTOS, 2014).

para esse aproveitamento. Verifica-se na Tabela 6 áreas de aberturas inferiores às recomendadas pela norma de desempenho.

O pavimento tipo de cada bloco é composto por 4 unidades residenciais. Cada apartamento (Figura 23) possui três quartos (sendo 1 suíte), cozinha, área de serviço, banheiro social, varanda, estar e jantar. Os apartamentos possuem áreas entre 60m² e 70m².

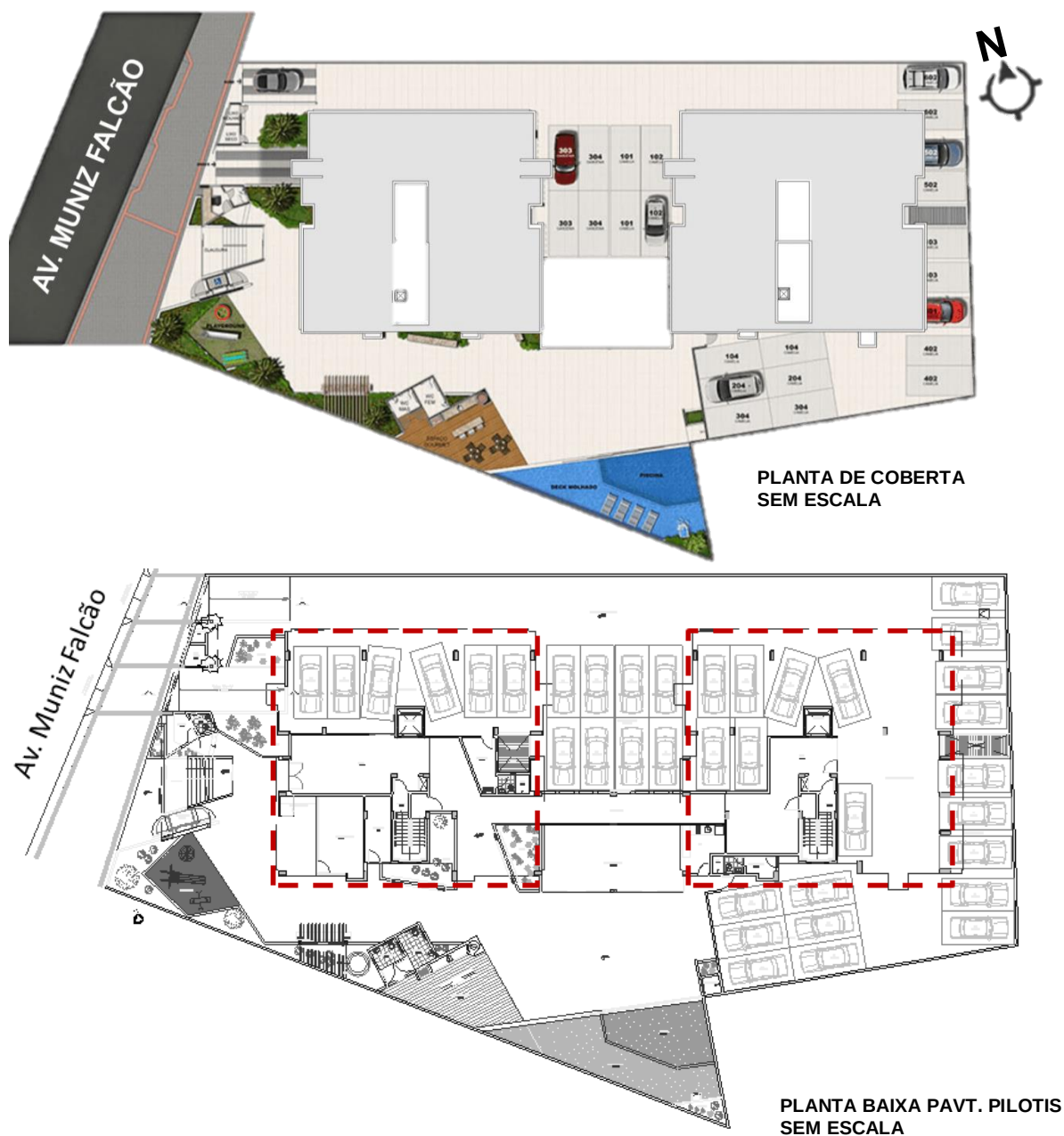
Apenas a terminação 3 possui todas as aberturas das áreas íntima e social voltadas para a fachada leste, orientação considerada favorável para o recebimento da ventilação natural na região (Figura 23). A terminação 2 possui apenas um dos quartos com abertura para essa fachada e nas demais terminações de ambas as torres, não possuem aberturas nessa direção. A fachada leste recebe insolação durante todo o ano no período da manhã e a fachada oeste no período da tarde.

Tabela 6 - Dimensionamento ambientes e aberturas do apartamento tipo. Valores em vermelho estão abaixo do permitido pela Norma de Desempenho (ABNT, 2013)

estão abaixo do permitido pela Norma de Desempenho (ABNT, 2015)						
	EDIFÍCIO	AMBIENTE	ÁREA (m²)	ABERTURA PARA VENTILAÇÃO (m²)	ABERTURA RECOMENDADA NBR 15.575 (m²)	
GARDÊNIA	TERMINAÇÕES 03 E 04	SUÍTE	11,89	0,62	0,95	
		QUARTO	7,76	0,62	0,62	
		SALA	15,81	2,63	1,26	
		COZINHA	7,84	1,68	0,60	
	TERMINAÇÕES 01 E 02	SUÍTE	8,84	0,62	0,71	
		QUARTO	8,75	0,62	0,70	
		QUARTO	6,00	0,78	0,48	
		SALA	19,21	3,27	1,54	
	CAMÉLIA	TERMINAÇÃO 01	COZINHA	7,43	1,68	0,59
			SUÍTE	8,84	0,62	0,71
QUARTO			8,75	0,62	0,70	
QUARTO			6,00	0,62	0,48	
SALA			19,21	3,27	1,54	
TERMINAÇÃO 02		COZINHA	7,43	1,68	0,59	
		SUÍTE	12,94	0,62	1,04	
		QUARTO	8,75	0,62	0,70	
		QUARTO	6,22	0,62	0,50	
		SALA	19,79	3,27	1,58	
TERMINAÇÃO 03		COZINHA	7,44	1,68	0,60	
		SUÍTE	8,83	0,62	0,71	
		QUARTO	8,64	0,62	0,69	
		QUARTO	6,33	0,62	0,51	
		SALA	16,97	2,74	1,36	
TERMINAÇÃO 04		COZINHA	7,40	1,68	0,59	
	SUÍTE	13,01	0,62	1,04		
	QUARTO	8,20	0,62	0,66		
	SALA	16,33	2,74	1,31		
		COZINHA	7,75	1,68	0,62	

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 22 - Planta de cobertura e planta baixa do pavimento térreo (sem escala) mostrando o aproveitamento da área do terreno para a locação das torres (em projeção na planta baixa), área de lazer e estacionamento



Fonte: Adaptado de construtora

O setor de serviço e suas respectivas aberturas está voltado para a fachada sul, solução adotada para evitar a insolação direta durante o ano no período da tarde (Figura 24), por vezes tendo a insolação direta desde o período da manhã. Porém, a ventilação predominante - ventilação sudeste - fica prejudicada. Uma alternativa poderia ser a adoção de elementos protetores solares para o sombreamento das

aberturas para que fosse possível a captação da ventilação natural sem o incremento do calor através da entrada de radiação solar direta nos ambientes.

Figura 23 - Planta baixa pavimento tipo do projeto de edifício residencial multifamiliar estudo de caso



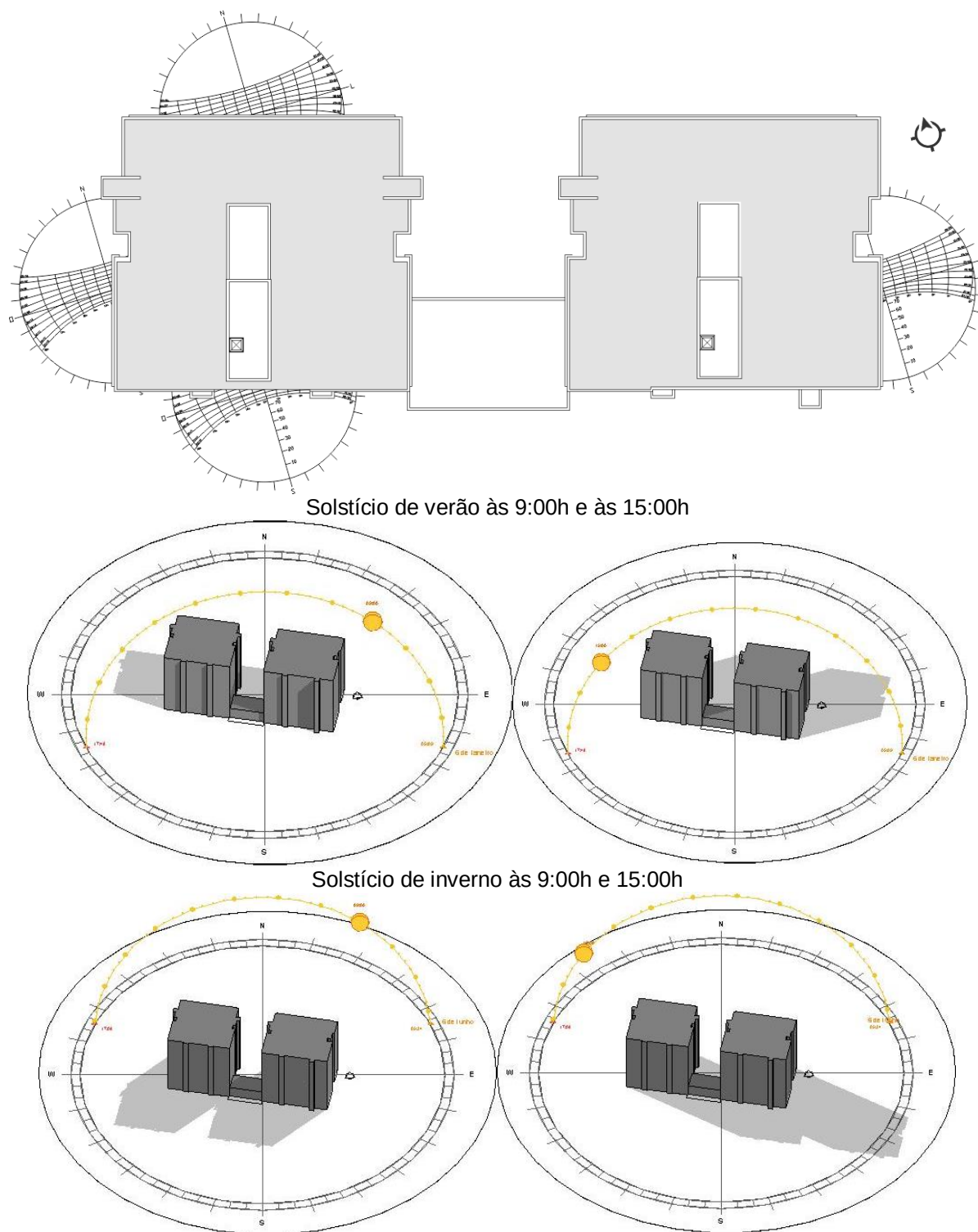
Fonte: Adaptado de construtora

A fachada norte recebe insolação durante o inverno nos dois períodos: manhã e tarde, nela estão as terminações 1 e 2. As aberturas das áreas íntima e social das terminações 1 e 4, estão voltadas para a fachada oeste, não sendo previsto nenhum elemento para sombreamento. Ressalta-se aqui que a varanda serve de elemento protetor, reduzindo a entrada de luz solar direta no ambiente da sala, estando os quartos desprivilegiados nesse aspecto.

Ainda quanto à exposição das fachadas à insolação, pode-se observar na Figura 24 que nas duas torres, Gardênia e Camélia, as terminações de número 01 e 04 recebem a insolação do período vespertino durante todo o ano, estando locadas as suítes das terminações nessa fachada oeste. As fachadas frontal e lateral direita do edifício recebem essa mesma insolação devido ao posicionamento para o

noroeste, sudoeste e oeste. Vale ressaltar que a terminação 4 da torre Camélia possui parte de sua área sombreada pela torre Gardênia.

Figura 24 - Estudo de insolação nas torres objeto de estudo, foi utilizado o software Revit



Fonte: Elaborada pela autora

O Código de obras e edificações de Maceió/AL não estabelece o dimensionamento mínimo de ambientes, tampouco a norma de desempenho (ABNT 15.575, 2013), porém esta última determina que a depender da função, o ambiente deve possuir uma área mínima para alocação do mobiliário específico mais área prevista de circulação, percebe-se que o dimensionamento dos ambientes (Tabela 6) cumpre com sua funcionalidade.

3.2 Etapa 02 - Formulação de Ferramenta para Avaliação da Sustentabilidade Ambiental em Projetos Residenciais para Maceió/AL

A ferramenta proposta no presente trabalho foi elaborada com base em outros sistemas de certificação existentes, assim como fez Cabral (2009) em Lisboa/Portugal e Zarghami et al (2018) no Irã. Essa metodologia também foi utilizada pelo Referencial GBC Brasil Casa (2014). Dessa maneira, foram verificadas as categorias e critérios existentes nos sistemas de certificação selecionados para o presente estudo. Para a proposição da ferramenta de avaliação da sustentabilidade ambiental em projetos residenciais em Maceió/AL foram definidos os procedimentos metodológicos descritos a seguir.

3.2.1 Aplicação dos sistemas de certificação no edifício estudo de caso

A aplicação individualizada dos três sistemas de certificação ambiental selecionados no edifício multifamiliar, estudo de caso, permitiu uma análise comparativa entre os resultados encontrados de modo a verificar a adaptação deles à realidade local, observando os critérios e exigências referentes ao conforto ambiental e às principais necessidades de infraestrutura da cidade em estudo.

Evidencia-se que as categorias referentes a práticas sociais não foram avaliadas, pois o presente trabalho estuda a sustentabilidade ambiental em projetos residenciais. A aplicação dos sistemas de certificação foi feita de acordo com a metodologia própria dos mesmos.

3.2.2 Análise comparativa dos sistemas de certificação estudados

Os três sistemas de certificação foram comparados, sendo verificados suas categorias e critérios com objetivos semelhantes. Foi elaborado um quadro síntese, dentro do qual foram observadas quais categorias e critérios são idênticos e quais categorias e critérios são particulares em cada sistema de certificação. Com essa análise foi possível definir os critérios para as categorias da ferramenta proposta, com uma definição de seus objetivos.

Essa metodologia foi adotada por Oliveira (2014), ao fazer análise comparativa em sua pesquisa que objetivava identificar o quanto os sistemas nacionais de certificação ambiental para edifícios habitacionais já estão atendendo aos critérios estabelecidos pela norma brasileira de desempenho. A autora supracitada realizou análises comparativas entre os critérios estabelecidos pelo AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014), Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) e RTQ-R (BRASIL, 2012) e os critérios de desempenho exigidos pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

3.2.3 Definição categorias e critérios

Assim como Zarghami et al (2018), a definição de categorias e critérios foi realizada a partir da revisão de literatura, especificada no capítulo anterior. Portanto, após a análise comparativa entre os sistemas de certificação, foram adotadas as categorias já existentes nos sistemas de certificação atuais e foram definidos os critérios a serem adotados para a ferramenta proposta.

Após essa etapa, os critérios foram confrontados com as condicionantes projetuais para edificações residenciais em Maceió/AL definidas nesse trabalho, sendo possível a verificação da necessidade da sugestão de novos critérios não existentes nos sistemas de certificação estudados. Desse modo, definiram-se as modificações necessárias em critérios já existentes e elaboraram-se novos critérios para a ferramenta de avaliação da sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió/AL, denominada ASPRE – Avaliação da Sustentabilidade em Projetos Residenciais.

A ferramenta proposta, dentro das metodologias de avaliação da sustentabilidade em edificações, classifica a construção quanto a seu nível de sustentabilidade. A ASPRE adotou o modelo utilizado nos sistemas estudados, pois são sistemas simplificados de aplicação e entendimento (sistema de lista de conferência), corroborando para uma aceitação maior dos projetistas em sua utilização.

O escopo de avaliação da ferramenta ASPRE é ambiental, podendo incluir algumas categorias de avaliação econômica e social quando possuem critérios interligados, como por exemplo, a implantação da edificação visando o conforto ambiental (corresponde ao aspecto ambiental, pois busca o aproveitamento da ventilação e iluminação naturais e também corresponde ao aspecto social, pois proporciona o bem-estar do usuário).

Primeiramente, com base nos sistemas de certificação selecionados e na revisão bibliográfica, levando em consideração as condicionantes climáticas e construtivas de Maceió/AL, foram definidas 5 categorias e 24 critérios.

As categorias agrupam critérios relativos às suas especificidades. Cada critério possui requisito(s) para que seja alcançado seu objetivo. O valor total alcançado por cada categoria resulta do cumprimento dos requisitos existentes nos critérios. Sendo assim, os requisitos são o meio de se alcançar os objetivos dos critérios e, conseqüentemente, das categorias.

Os critérios propostos foram comparados e ajustados com normas e legislações locais relacionadas às condições construtivas e ambientais adequadas para Maceió/AL, conforme procedimento descrito em Bragança; Mateus; Koukkari (2010) em Lisboa/Portugal.

3.2.4 Definição Pesos: Categorias e Critérios

No presente trabalho, para a valoração das categorias e critérios, e conseqüentemente, a definição do seu grau de importância, utilizou-se da ferramenta multicritério Analytic Hierarquic Process - AHP. Para Bansal; Biswas e Singh (2017), a avaliação da sustentabilidade depende de diversos critérios dos quais alguns podem ser medidos quantitativamente e alguns podem ser estimados qualitativamente. Nesse sentido, o método AHP permite aos tomadores de decisão

fazerem deliberações qualitativas objetivas, assim como a tomada de decisão sistemática ao expressar a hierarquia dos critérios.

No presente trabalho, primeiramente foram definidos as categorias e os critérios de acordo com metodologia explicada na subseção 3.2.3. A etapa seguinte consistiu na formulação dos questionários a serem respondidos pelos tomadores de decisão (Figura 25 e Apêndice A), sendo estes engenheiros civis e arquitetos da Universidade Federal de Alagoas, da Secretaria de Habitação do município de Maceió e profissionais liberais que atuam na área de projeto, todos com, no mínimo, título de especialistas, contendo mestres e alguns doutores (Tabela 7). Algumas dessas especializações são em construções sustentáveis, com profissionais também atuantes no mercado da construção civil com soluções ditas sustentáveis para as edificações.

Tabela 7 - Relação quantitativa da formação profissional *versus* titulação dos especialistas participantes desta pesquisa

Profissional	Quant.	Titulação	Quant.
Arquitetos	16	Doutores	4
		Mestres	6
		Especialistas	4
		Sem pós-graduação	2
Engenheiros	9	Mestres	5
		Especialista	1
		Sem pós-graduação	3

Fonte: Elaborada pela autora

Segundo Zarghami et al (2018), encontram-se na literatura autores que citam o número adequado de tomadores de decisão para um estudo onde um grupo de especialistas expressam suas opiniões, sendo este número variável entre 10 e 50. Trabalhos nacionais que utilizam esse método, na área de sustentabilidade, possuem uma média aproximada de 10 tomadores de decisão (MATTANA et al, 2012; GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014; FRANÇA, 2016).

Foi realizado contato com os possíveis tomadores de decisão que, ao aceitarem participar da pesquisa, disponibilizaram contato através de correio eletrônico. Os questionários (Figura 25 e Apêndice A) foram enviados e respondidos no prazo de aproximadamente dois dias após seu recebimento. Para este trabalho, o questionário desenvolvido foi enviado no ano de 2018 para um total de 35 especialistas. Porém, foram respondidos e devolvidos 25 questionários, sendo estes

os utilizados nesta tese para a aplicação da técnica AHP (apresentada no subitem 2.6.1).

Figura 25 - Parte inicial do questionário aplicado aos tomadores de decisão



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Prezado(a) profissional do setor da construção civil, eu, Marcelle Maria Pais Silva Rebêlo, sou aluna do Doutorado no Programa de Pós-Graduação em arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, sob orientação da professora Dra. Gianna Melo Barbirato. Quero solicitar alguns minutos de sua atenção para responder a pesquisa intitulada: "Sustentabilidade Ambiental para Projetos Residenciais em Maceió/AL: Desenvolvimento de Estratégia para Adequação de Ferramenta de Avaliação." Meu objetivo é hierarquizar as condicionantes projetuais em Maceió/AL: climáticas e de infraestrutura urbana. Informo que, de acordo com a Legislação sobre Ética em Pesquisa no Brasil (Resolução do CNS 468/2012), em nenhum momento, as pessoas que participarem dessa pesquisa serão identificadas, será mantido sigilo total sobre as informações fornecidas.

Sendo assim, compare as opções abaixo (tabelas 02 a 07), de acordo com a escala numérica da tabela 01, levando em consideração as características climáticas e de infraestrutura de Maceió/AL.

Tabela 01: Escala De Saaty – Metodologia De Análise Hierárquica.

ESCALA	AValiação NUMÉRICA	DESCRIÇÃO
Extremamente preferido	9	A importância da existência do critério X em relação ao critério Y no projeto é total
Muito fortemente preferido	7	A importância da existência do critério X em relação ao critério Y no projeto é muito maior
Fortemente preferido	5	A importância da existência do critério X em relação ao critério Y no projeto é maior
Moderadamente preferido	3	A importância da existência do critério X em relação ao critério Y no projeto é um pouco maior
Igualmente preferido	1	A importância da existência dos 2 critérios no projeto é igual

OBS: Quando o segundo critério for considerado o mais importante, responder 1/X, sendo X a avaliação numérica da escala de Saaty.

Pergunta a ser respondida:

Comparando entre si os critérios X e Y das categorias abaixo, em que medida um deles representa maior impacto relativo na sustentabilidade ambiental das construções do que o outro para a cidade de Maceió/AL?

QUESTIONÁRIOS:

Para responder o questionário abaixo, segue o escopo das categorias:

CATEGORIAS	ESCOPO
1. Integração Urbana	Atentar para critérios importantes de seleção do terreno, buscando sempre áreas com boa infraestrutura urbana instalada.
2. Projeto	Elaborar projeto integrado, com soluções construtivas sustentáveis ambientalmente, possuindo interface com as categorias Energia, Saneamento e Materiais
3. Energia	Buscar alternativas projetuais para o consumo energético eficiente.
4. Saneamento	Atentar para a redução do consumo de água potável nas residências e prever em projeto hidrossanitário destinação adequada tanto para os efluentes líquidos como sólidos. Buscar a permeabilidade do solo como forma de evitar problemas de alagamentos e facilitar o reabastecimento do lençol freático da cidade.
5. Materiais	Prever a utilização de materiais ambientalmente sustentáveis, bem como a gestão dos resíduos gerados pela construção civil.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 02:

CATEGORIA		NOTA
INTEGRAÇÃO URBANA	X PROJETO	
INTEGRAÇÃO URBANA	X ENERGIA	
INTEGRAÇÃO URBANA	X SANEAMENTO	
INTEGRAÇÃO URBANA	X MATERIAIS	
PROJETO	X ENERGIA	
PROJETO	X SANEAMENTO	
PROJETO	X MATERIAIS	
ENERGIA	X SANEAMENTO	
ENERGIA	X MATERIAIS	
SANEAMENTO	X MATERIAIS	

Fonte: Elaborada pela autora

Com um total de seis matrizes para cada questionário, foram geradas 150 matrizes (Apêndice B). Os dados coletados seguiram a técnica AHP tendo sido normalizados e verificados os índices de consistência das matrizes geradas. Após isso, verificou-se a razão da consistência randômica¹⁸ dos dados utilizando-se a fórmula (2) citada no tópico 2.6.1.1. Houve um aproveitamento de 46,5% das matrizes respondidas após a verificação da consistência das respostas.

O tratamento dos dados (matrizes) coletados foi executado por meio de planilhas eletrônicas Excel, elaboradas para este fim. Salienta-se que os objetivos de cada categoria e critérios encontram-se explicitados no capítulo 4. No tópico 4.2 está exemplificada a metodologia adotada com uma matriz modelo.

Como a ferramenta proposta é um instrumento para orientar o projeto, avaliando-se a sustentabilidade ambiental para projetos residenciais na cidade de Maceió/AL, não foram estabelecidos critérios obrigatórios, sendo a pontuação totalizada das categorias equivalente a 100 (cem). O sistema QUALIVERDE proposto para o Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2012), também faz uso dessa metodologia de não utilizar critérios obrigatórios. O objetivo dessa escolha pela não obrigatoriedade é que haja uma avaliação total do edifício. A relação de importância entre as categorias e critérios já está determinada com a hierarquização e valoração dos pesos.

Logo, o resultado da avaliação utilizando a metodologia ASPRE é obtido conforme pontuação alcançada nos critérios definidos. A classificação pode ser atingida de maneira geral, dentro das 5 categorias definidas; porém é possível avaliar o desempenho por categoria relacionando a pontuação obtida versus a pontuação exigida em cada categoria. As categorias e critérios relacionados são a base da metodologia, uma vez que os objetivos e resultados serão condicionados por eles.

Outro ponto que ressalta a importância de não se atribuir obrigatoriedade de critérios nas categorias é para não favorecer o cumprimento apenas dos requisitos obrigatórios. Isso foi observado por Accioly (2017) em seu estudo sobre a influência da certificação ambiental AQUA-HQE no processo de projeto, no qual foi analisado um estudo de caso em edifício residencial (edifício Double) em Maceió/AL e foi

¹⁸ A consistência randômica visa verificar se o valor encontrado do índice de consistência é adequado. Para isso Saaty (2005) propôs uma relação de consistência, que é determinada pela razão entre o valor do índice de consistência e o índice de consistência randômica que deve ser menor que 10%.

percebida a seleção de critérios unicamente para o atingimento da pontuação mínima necessária para a obtenção do selo.

Com base nas pontuações dos sistemas de certificações estudados, definiu-se uma pontuação total máxima para a ASPRE equivalente a 100 (cem). Cada categoria da ASPRE possui um peso que foi determinado através da hierarquização obtida pela metodologia multicriterial adotada AHP. Salienta-se que tal hierarquização constatou a prioridade das condicionantes climáticas e de infraestruturas para Maceió/AL definidas nesta tese. O somatório dos valores de cada critério dentro de uma mesma categoria possui o peso dessa categoria como valor máximo. Para a obtenção do nível de sustentabilidade ambiental do edifício deve-se fazer o somatório da pontuação obtida em cada categoria.

3.2.5 Definição de requisitos para o cumprimento dos critérios nas categorias

Os requisitos para o alcance dos critérios foram definidos de acordo com as metodologias existentes – as certificações ambientais Selo Casa Azul (CAIXA, 2010), AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) e Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014), sendo observada que as mesmas estão ajustadas com as normas vigentes, inclusive a Norma de Desempenho – NBR 15.575 (ABNT, 2013), visto que desde julho de 2013 está em vigor. Apesar de não haver lei específica para o seu regulamento, a referida norma possui valor jurídico, pois determinados artigos contidos no Código Civil e no Código de Defesa do Consumidor dão força obrigatória às Normas Técnicas ou estabelecem consequências para caso ocorra o seu descumprimento.

Para novos critérios, foram definidos requisitos específicos para o seu alcance, bem como também foram criados novos requisitos para alguns dos critérios elencados dentre os sistemas de certificações estudados como prioritários para a concepção da ASPRE. Essa proposição levou em consideração os condicionantes projetuais e de infraestrutura de Maceió/AL.

3.2.6 Valoração dos níveis de sustentabilidade projetual

A faixa da valoração de cada nível de sustentabilidade proposto na ferramenta ASPRE (pouco sustentável; parcialmente sustentável ou muito sustentável), foi definida pelos especialistas. Em um primeiro momento, a pontuação dessa faixa de valoração foi definida por cada tomador de decisão ao responder o questionário (Figura 26), sendo realizada a média aritmética das respostas obtidas. Essa metodologia também foi utilizada por Zarghami et al (2018).

Figura 26 - Parte do questionário aplicado referente à definição da valoração para as faixas de níveis de sustentabilidade ambiental da ferramenta proposta ASPRE

Para finalizar sua participação na pesquisa, defina a faixa de gradação do nível de sustentabilidade ambiental para as construções qualificadas como mais sustentáveis entre pouco e muito sustentável, observando o modelo e sabendo que:

- A pontuação varia de 1 (um) a 100 (cem) e;
- Existem 3 (três) níveis definidos: Pouco sustentável; Parcialmente sustentável; Muito sustentável

Abaixo segue modelo:

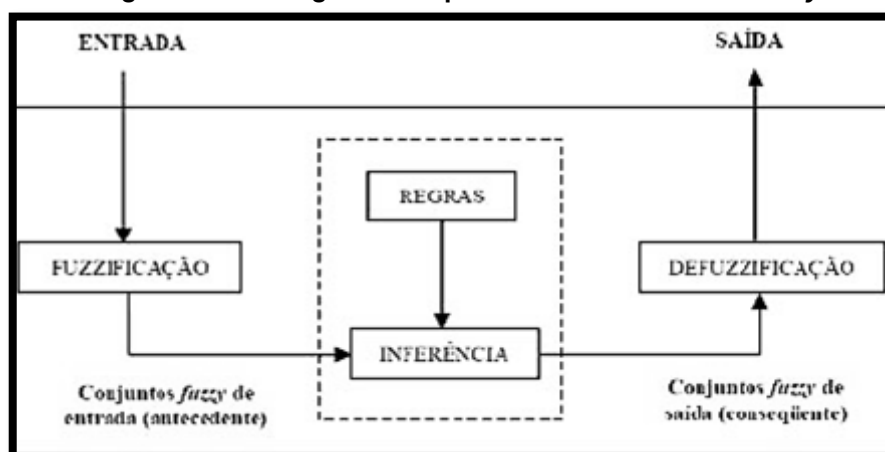
POUCO SUSTENTÁVEL	1	A	XX
PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL	XX	A	XX
MUITO SUSTENTÁVEL	XX	A	100

Complete:

POUCO SUSTENTÁVEL	1	A	
PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL		A	
MUITO SUSTENTÁVEL		A	100

Fonte: Elaborada pela autora

Com essa pontuação foi possível fazer a união das metodologias e elaborar a base de regras para a metodologia *fuzzy* que define a classificação final da ferramenta proposta ASPRE, como forma de incluir as incertezas provenientes da subjetividade humana. Sua implementação foi realizada no MATLAB® onde foram inseridos os dados dos conjuntos *fuzzy* através da ferramenta *Fuzzy Logical Toolbox*. Na Figura 27, observa-se o fluxograma simplificado da metodologia *fuzzy*.

Figura 27 - Fluxograma simplificado de um sistema *fuzzy*

Fonte: Almeida et al. (2018)

A primeira etapa para o uso da metodologia *fuzzy* consiste na elaboração da base de regras que pode ser gerada utilizando linguagem computacional do tipo: SE (Condição) ENTÃO (Consequência). Para a proposição das sentenças que determinam o grau de pertinência, ou seja, para a definição da base de regras do sistema de inferência *fuzzy* para a ASPRE, levou-se em consideração a hierarquização das categorias obtidas com a aplicação da técnica AHP. Para a acepção das mesmas foram considerados pesos iguais para as categorias de integração urbana, saneamento e projeto, pois suas pontuações variavam em apenas dois pontos de uma para outra. Foi atribuído o mesmo peso para materiais e energia, já que ambas possuem mesma pontuação.

As cinco categorias foram divididas em dois grupos que obtiveram pesos distintos. Neste trabalho, foram implementadas todas as combinações possíveis de regras. Com base nas variáveis independentes de entrada e as funções de pertinência, foram geradas as combinações possíveis entre o primeiro grupo com três categorias e em seguida para o segundo grupo com duas categorias, chegando-se ao total de 60 regras (Figura 28). Desse modo foi determinada a base de regras para o sistema de inferência *fuzzy* que permite a obtenção da valoração final do nível de sustentabilidade ambiental da ferramenta proposta ASPRE. Todas as regras inseridas na base de dados do sistema *fuzzy* do presente trabalho pode ser verificada no Apêndice C. As referidas regras são escritas no editor de regra do *Fuzzy Logical Tool* do MATLAB®.

Para cada categoria verifica-se se a pontuação obtida é baixa, média ou alta (Tabela 8). A depender dos resultados e de qual conjunto a categoria faz parte

obtêm-se a classificação final em percentual se é pouco sustentável (POS), parcialmente sustentável (PAS) ou muito sustentável (MUS). Salienta-se que a valoração da pontuação para os dados de entrada foi determinada pelos especialistas através das respostas dos questionários.

Logo, têm-se as referidas funções de pertinência *fuzzy* e seus respectivos rótulos linguísticos com suas extremidades (valores obtidos com a aplicação dos questionários) determinando os limites de atuação de cada uma das funções de pertinência.

Figura 28 - Parte da formulação da base de regras *fuzzy*

CATEGORIAS					NÍVEL SUSTENTABILIDADE
C1	C2	C3	C4	C5	
A	A	A	A	A	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	A	M	M	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	A	A	M	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	A	B	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	A	A	B	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	A	M	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	M	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	B	B	POUCO SUSTENTÁVEL
M	M	M	A	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	M	B	POUCO SUSTENTÁVEL
A	A	M	A	A	MUITO SUSTENTÁVEL

Legenda: A=pontuação alta; M=pontuação média; B=pontuação baixa
 C1=Integração urbana; C2=Saneamento; C3=Projeto; C4=Energia e C5=Materias
 Fonte: Elaborada pela autora

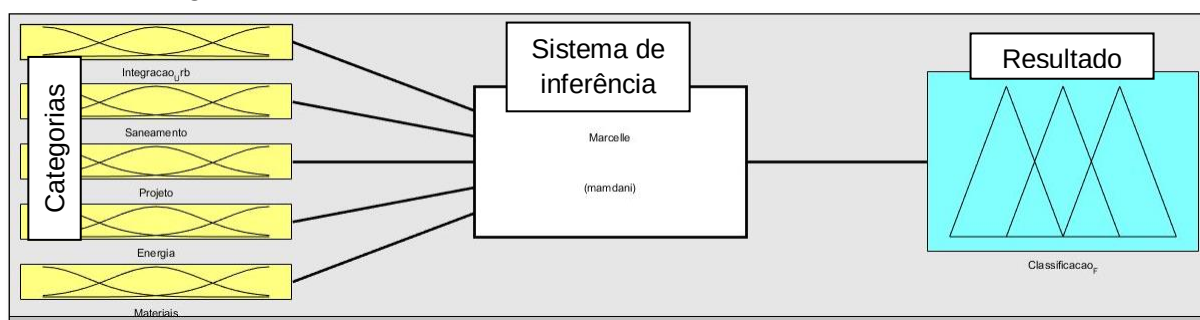
Tabela 8 – Dados de entrada para o sistema de inferência *fuzzy*

Classificação	Dados segundo especialistas	Dados adotados
Baixo	0,00 – 0,37	0,00 – 0,47
Médio	0,38 – 0,75	0,18 – 0,85
Alto	0,76 – 1,00	0,66 – 1,00

Fonte: Elaborada pela autora

Para iniciar a construção do algoritmo, a inicialização do MatLab® ocorre na janela de comando após digitar a palavra *fuzzy*. Aparece a tela inicial do toolbox como mostra a Figura 29.

Figura 29 - Sistema de interferência montado na interface do Matlab®



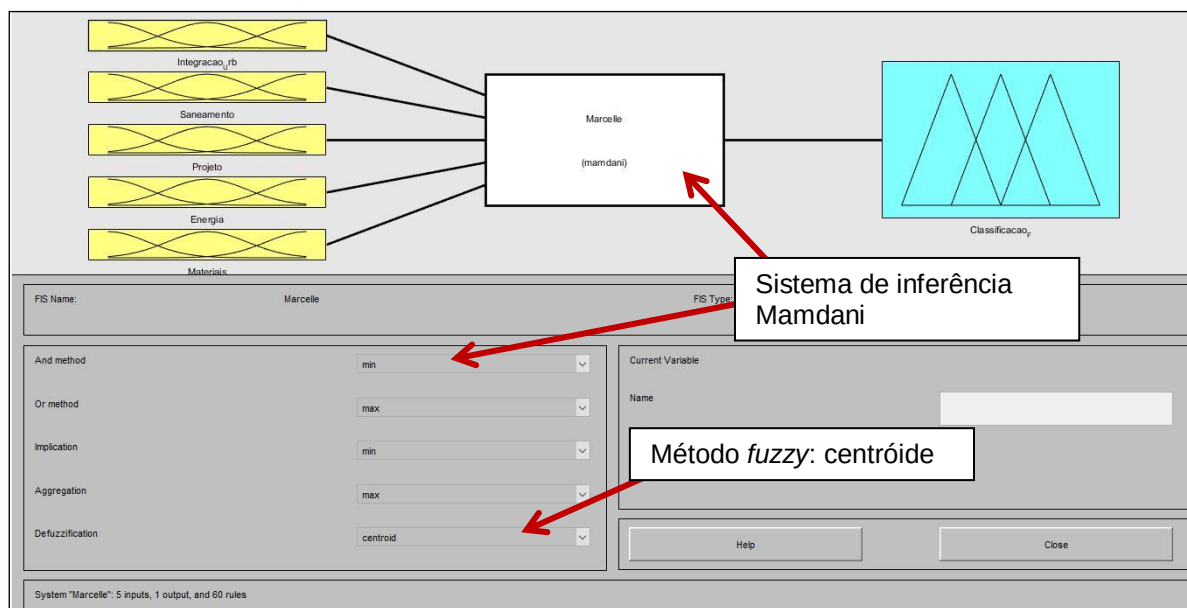
Fonte: Matlab® 6.1

O sistema de inferência *fuzzy* para a ASPRE é composto por cinco variáveis independentes de entrada (I – integração urbana; II - saneamento; III - projeto; IV - energia; V - materiais), uma base de regras e três variáveis dependentes de saída (pouco sustentável; parcialmente sustentável; muito sustentável). O primeiro passo do carregamento do sistema consiste em determinar as variáveis linguísticas de entrada, as variáveis de saída, a escala de valores atribuída a cada variável e as regras de inferência que serão utilizados (Figura 30 e Figura 31).

Na Figura 32 estão ilustradas as funções de pertinência associadas às variáveis de entrada para a categoria integração urbana do sistema proposto para a ferramenta ASPRE. As outras funções das demais categorias são construídas de maneira análoga no software.

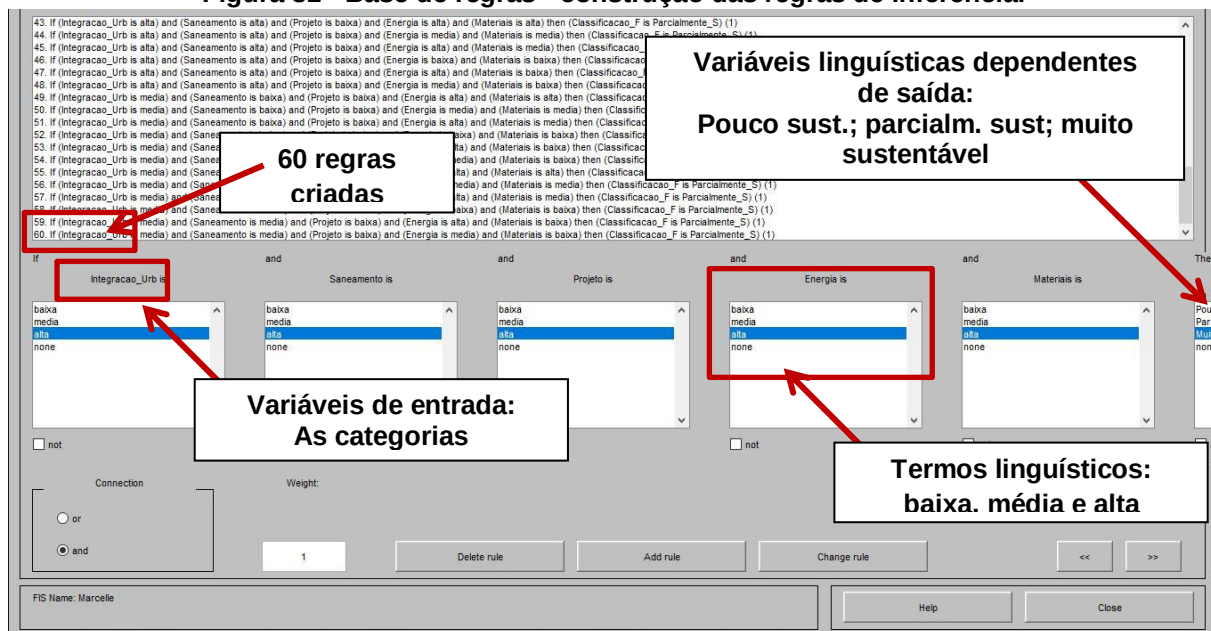
Os dados de entradas foram definidos segundo o resultado do questionário aplicado aos especialistas. Porém, assim como Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013) estipularam em seu trabalho uma sobreposição entre os conjuntos para incluir a incerteza da subjetividade humana, na presente tese foi aplicada uma sobreposição entre os conjuntos difusos para cada parâmetro de entrada, logo os dados de entrada ficaram conforme Tabela 8.

Figura 30 - Configuração básica segundo especificações pré-estabelecidas para o uso do Fuzzy Logical Toolbox



Fonte: Matlab® 6.1

Figura 31 - Base de regras - construção das regras de inferência.

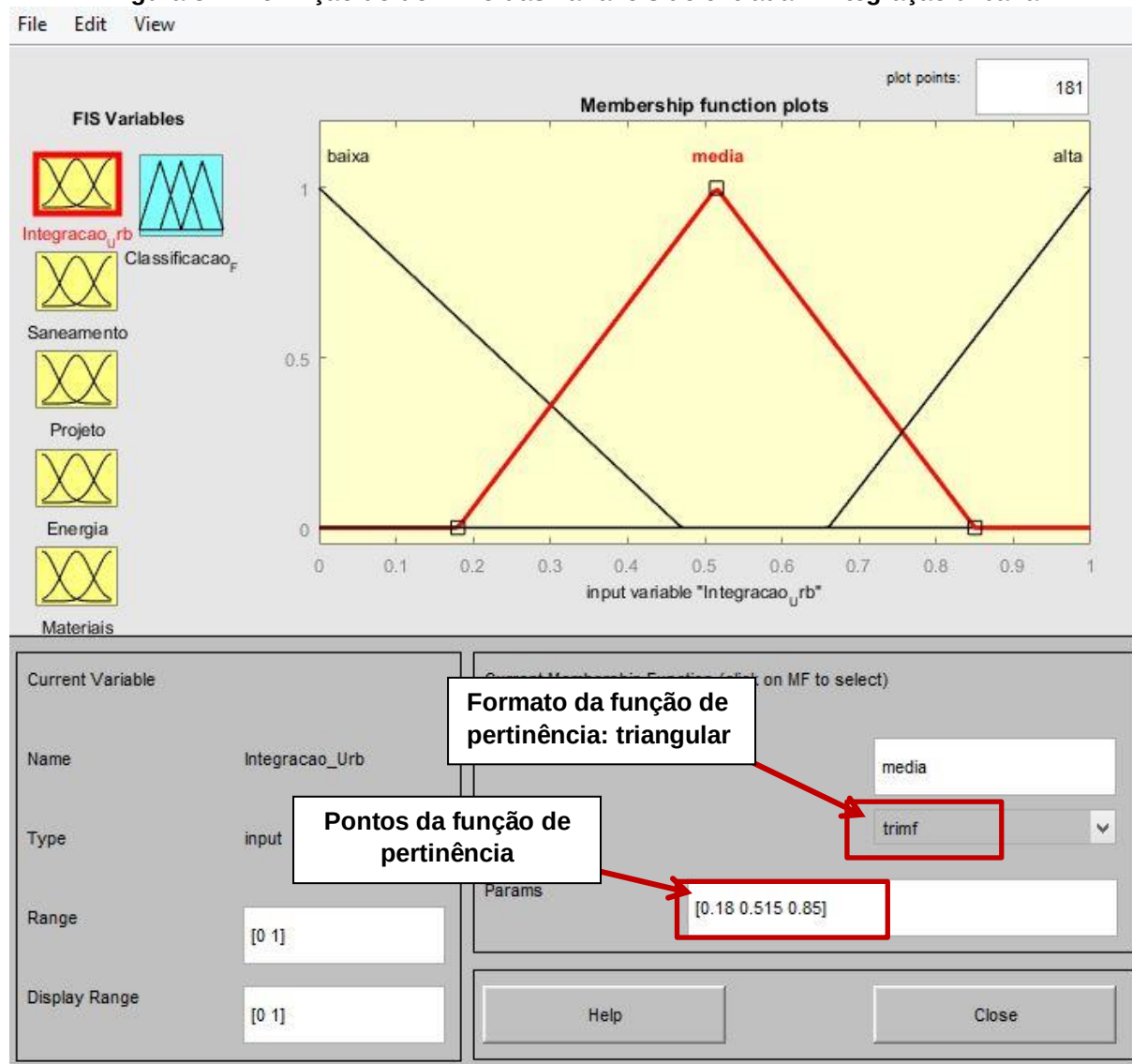


Fonte: Matlab® 6.1

A forma geométrica utilizada nesta tese, dentro do MatLab® 6.1, foi a triangular, assim como Botelho (2013) e Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013) fizeram em seus trabalhos. As funções de pertinência triangulares são caracterizadas por uma terna (a, b, c), em que a e c determinam o intervalo dentro do qual a função de pertinência assume valores diferentes de zero, e b é o ponto em

que a função de pertinência é máxima. Assim, B representa o 100% verdadeiro, já o A e o C são os graus de incerteza. Então a terna a,b,c representam o valor verdadeiro e suas possíveis variações dados os níveis de incerteza utilizados.

Figura 32 - Definição do domínio das variáveis de entrada – Integração urbana.



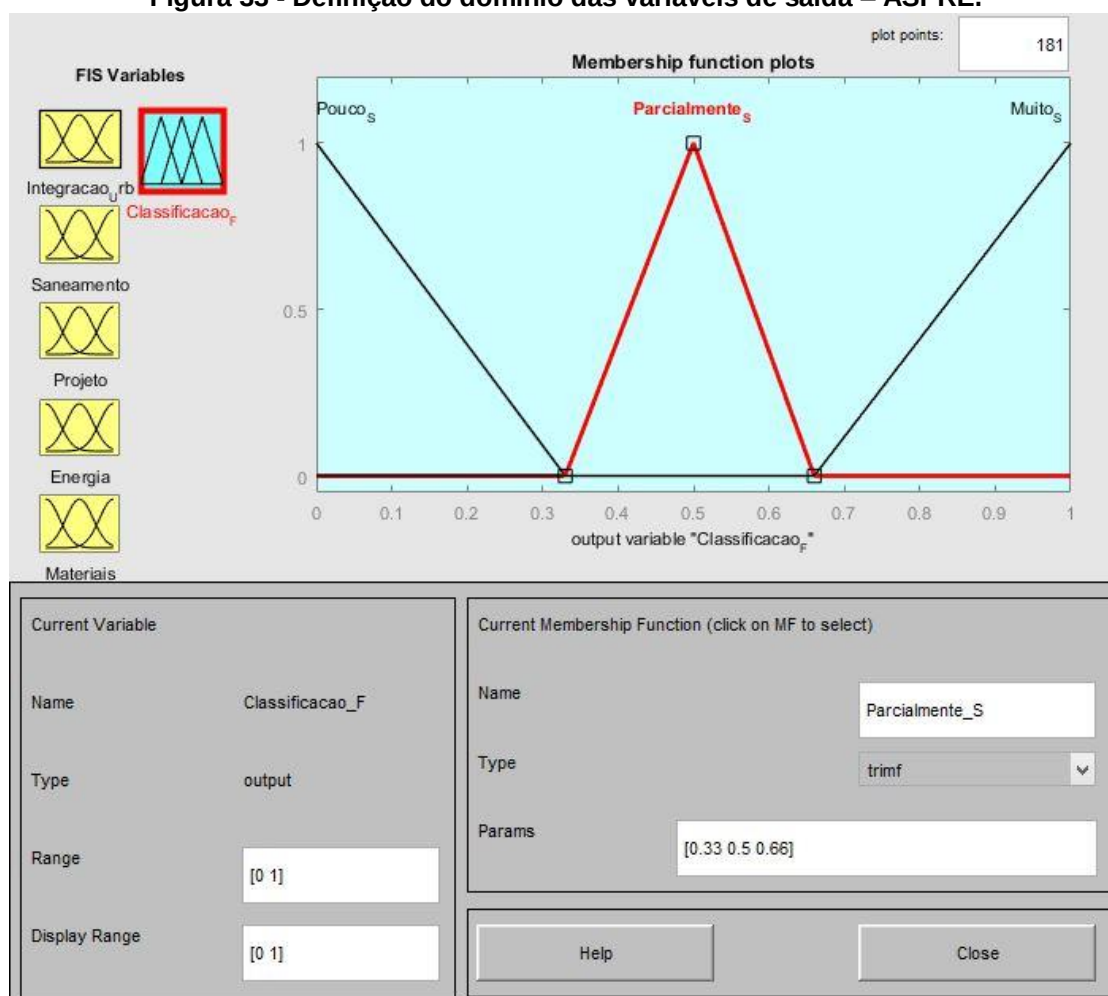
Fonte: Matlab® 6.1

O passo final consiste em se efetuar a “defuzzyficação”, que consiste em traduzir para um valor discreto o resultado da variável linguística de saída que foi inferida pelas regras *fuzzy*. O método de “defuzzyficação” utilizado foi o centro da área, sendo este o processo mais utilizado, frequentemente chamado de centroide, pois ele calcula o centroide da área que é composta pelo resultado das operações entre os conjuntos *fuzzy* (CANEPPELE; SERAPHIM, 2013).

O sistema de inferência adotado foi o Mandani, conforme adotado por Botelho (2013) e Ghehi, Jafari e Malekmohammadi (2013), já que usa-se nesse caso o conhecimento do especialista para a elaboração da base de regras, sendo esta uma das principais partes desse sistema de inferência utilizado. As funções de associação triangular são usadas para cada conjunto difuso.

As saídas do sistema *fuzzy* são definidas pela base de regras utilizadas através do sistema de inferência Mamdani (Figura 33).

Figura 33 - Definição do domínio das variáveis de saída – ASPRE.



Fonte: Matlab® 6.1

3.2.6.1 Simulações de resultados ASPRE no sistema *Fuzzy*

Foram simulados resultados hipotéticos com valores por categorias para verificação da validação da congruência da base de regras elaborada para o sistema de inferência *Fuzzy* para a ferramenta proposta ASPRE.

Colocou-se no sistema *Fuzzy* os resultados por categoria e foi verificado se o nível de pertinência obtido coincidia com as regras pré-determinadas. Os resultados das simulações supracitadas encontram-se no tópico 4.2.3.

3.3 Etapa 03 – Análise Comparativa entre os Sistemas de Certificação Estudados e a Ferramenta Proposta ASPRE

Como referido em Carvalho (2009) e realizado por Zarghami et al (2018), após a proposição da ferramenta de avaliação da sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió/AL - ASPRE, foi realizada uma análise comparativa entre os pesos das categorias existentes em cada ferramenta (proposta e estudadas), sendo possível verificar qual categoria possui maior pontuação e relacionar com a hierarquização obtida para Maceió/AL. Em seguida, a ASPRE foi aplicada no estudo de caso já utilizado, com o objetivo de verificar a aplicabilidade da ferramenta proposta.

As referidas análises e resultados encontram-se no capítulo 4 desta tese.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aplicação dos Sistemas de Certificação no Edifício Estudo de caso

Os sistemas de certificação selecionados: Selo Casa Azul, AQUA e Referencial GBC Brasil Casa, foram aplicados no projeto residencial multifamiliar selecionado para estudo de caso. Após a aplicação, foi realizada a análise comparativa das propostas de cada sistema de certificação e as condicionantes projetuais para edificações residenciais definidas no presente trabalho. Assim, foi possível verificar quais critérios, dentro das categorias de cada ferramenta, se enquadram como prioritários para Maceió/AL, de acordo com as condicionantes climáticas e de infraestrutura definidas no presente trabalho.

As categorias, critérios e os respectivos objetivos de cada sistema de certificação nacional estudado encontram-se no Anexo A.

4.1.1 Aplicação do Selo Casa Azul Caixa

O Quadro 16 mostra os resultados da aplicação da certificação Selo Casa Azul Caixa (CAIXA, 2010) no projeto arquitetônico estudo de caso. A aplicação segue metodologia própria do sistema de certificação estudado. Critérios em negrito são tidos como prioritários para Maceió/AL. A seleção desses critérios levou em consideração as condicionantes projetuais para edificações residenciais definidas no presente trabalho para a cidade em estudo e o embasamento teórico de construções sustentáveis.

Dentro da categoria Qualidade Urbana tem-se como mais prioritários e relevantes para Maceió/AL os critérios relacionados à mobilidade urbana e à infraestrutura de água e esgoto; os que visam a melhoria da acessibilidade e o aumento de áreas permeáveis. Na categoria Projeto e Conforto, são os critérios que tratam do conforto térmico, observando a insolação e ventilação naturais, verificando a implantação da edificação no terreno e as especificações das aberturas. Apesar da coleta de resíduos sólidos não ter sido uma prioridade verificada nos dados levantados junto aos dados do IBGE (2010) é um critério importante vislumbrando a

coleta seletiva e consequentemente o reúso e a diminuição do volume de lixo nos aterros sanitários. A movimentação de terra é outro fator importante a ser considerado na obra ao verificar o impacto ambiental que se ocasiona tanto com aterros como escavações.

Quadro 16 - Categorias e critérios avaliados pelo sistema de certificação Selo Casa Azul para o projeto estudado

CATEGORIA/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO	CUMPRIU	NÃO CUMPRIU
1 QUALIDADE URBANA			
1.1 Qualidade do Entorno - Infraestrutura	X	X	
1.2 Qualidade do Entorno - Impactos	X	X	
1.3 Melhorias no Entorno			X
1.4 Recuperação de Áreas Degradadas			X
1.5 Reabilitação de Imóveis			X
2 PROJETO E CONFORTO			
2.1 Paisagismo	X		X
2.2 Flexibilidade de Projeto			X
2.3 Relação com a Vizinhaça			X
2.4 Solução Alternativa de Transporte			X
2.5 Local para Coleta Seletiva	X	X	
2.6 Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	X	X	
2.7 Desempenho Térmico - Vedações	X		X
2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	X	X	
2.9 Iluminação Natural de Áreas Comuns			X
2.10 Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros			X
2.11 Adequação às Condições Físicas do Terreno			X
3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas obrigatório	Para HIS - até 3 s.m.		X
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	X	X	
3.3 Sistema de Aquecimento Solar			X
3.4 Sistemas de Aquecimento a Gás			X

CATEGORIA/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO	CUMPRIU	NÃO CUMPRIU
3.5 Medição Individualizada - Gás	X	X	
3.6 Elevadores Eficientes			X
3.7 Eletrodomésticos Eficientes			X
3.8 Fontes Alternativas de Energia			X
4 CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS			
4.1 Coordenação Modular			X
4.2 Qualidade de Materiais e Componentes	X	X	
4.3 Componentes Industrializados ou Pré-fabricados			X
4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis	X	X	
4.5 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	X	X	
4.6 Concreto com Dosagem Otimizada		X	
4.7 Cimento de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV)			X
4.8 Pavimentação com RCD			X
4.9 Madeira Plantada ou Certificada		X	
4.10 Facilidade de Manutenção da Fachada		X	
5 GESTÃO DA ÁGUA			
5.1 Medição Individualizada - Água	X	X	
5.2 Dispositivos Economizadores – BS	X		X
5.3 Dispositivos Economizadores – Arej.			X
5.4 Dispositivos Economizadores - RRV			X
5.5 Aproveitamento de Águas Pluviais			X
5.6 Retenção de Águas Pluviais			X
5.7 Infiltração de Águas Pluviais			X
5.8 Áreas Permeáveis	X		X
6 PRÁTICAS SOCIAIS			
Não avaliado			

Fonte: Elaborado pela autora.

Na categoria Eficiência Energética, vale ressaltar que por ser uma cidade de clima quente e úmido, o aquecimento de água não é um critério prioritário para Maceió/AL, mas salienta-se que o critério Fontes de Energia Alternativas é conveniente de ser cumprido visando a economia da energia fornecida. Dentro da

categoria Conservação de Recursos Materiais, destacam-se como prioritários os critérios que tratam do uso da madeira, de metodologia projetual que visa à redução da geração de entulhos na obra e a gestão dos resíduos de construção e demolição. Para a categoria Gestão da Água, a grande importância dos requisitos está na economia do recurso hídrico, contribuindo também para uma geração menor de efluentes líquidos.

Avaliando-se a aplicação do Selo Casa Azul no projeto estudo de caso, notou-se que, de um total de 53 critérios, apenas 14 foram atendidos. Porém, dos 18 critérios obrigatórios, cumpriram-se 11. Dentro de cada categoria existiram critérios atendidos e não atendidos.

Verificando-se os critérios cumpridos, dentro da categoria Qualidade Urbana, dos cinco critérios, dois foram contemplados, sendo os mesmos importantes para o alcance da sustentabilidade urbana. O critério 1.1 Qualidade do Entorno – Infraestrutura, possui como objetivo proporcionar aos moradores qualidade de vida, considerando a existência de serviços, equipamentos comunitários e comércio disponíveis no entorno do empreendimento, além de verificar a infraestrutura de saneamento. O terreno de implantação do projeto em estudo contempla todas as exigências, inclusive com a existência de escolas e faculdades próximas ao local da obra (Figura 20). É uma área de grande fluxo de veículos situada em uma região de grande crescimento, inclusive com abertura de novas vias.

Outra exigência para o cumprimento do critério 1.1 é a existência de tratamento dos efluentes líquidos no próprio empreendimento ou em estação de tratamento de esgoto da região. Sobre esse aspecto, o projeto estudado prevê uma estação de tratamento de esgoto anaeróbio. Esse item é importante, face aos dados do IBGE (2010) referentes ao serviço de esgotamento sanitário doméstico local.

Além disso, não existem na proximidade do terreno fontes de ruídos, odores e poluição excessivos e constantes como rodovias, aeroportos e alguns tipos de indústrias, ao se considerar o terreno como centro de um raio de 2,5km. Dessa forma o critério 1.2 Qualidade do Entorno – Impactos é cumprido.

Para a categoria Projeto e Conforto foram cumpridos 3 dos 11 critérios, sendo todos critérios obrigatórios. O critério 2.5 - Local para Coleta Seletiva foi atendido no tocante à existência de local específico para a disposição do lixo separado em lixo seco e lixo molhado. Porém, não há espaço previsto por pavimento para a coleta seletiva. O critério 2.6 - Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos foi cumprido,

visto que estão previstos no empreendimento equipamentos como salão de festas, área de recreação infantil externa, brinquedoteca e piscina. A exigência do selo é de existência de ao menos 2 equipamentos. Esse item visa a boa convivência entre moradores, porém contradiz em parte o critério 1.1, visto que a cidade deve oferecer esses serviços.

Quanto ao desempenho térmico das vedações, foi obedecida a transmitância térmica para paredes externas recomendada pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) e adotada pelo sistema Selo Casa Azul. Quanto ao sistema de cobertura, a transmitância térmica é de 3,73 [W/(m²K)] pouco acima do limite máximo do valor recomendado ($\leq 3,70$ [W/(m²K)]).

O Quadro 17 mostra a síntese da avaliação.

Quadro 17 - Critério cumpridos pelo estudo de caso para o Selo Casa Azul Caixa, categorias qualidade urbana e projeto e conforto

CATEGORIA	CRITÉRIOS CUMPRIDOS	PRIORITÁRIO PARA MACEIÓ/AL	RESUMO AVALIAÇÃO
QUALIDADE URBANA	1.1 Qualidade do Entorno – Infraestrutura	SIM	Existência de serviços, equipamentos comunitários e comércio disponíveis no entorno do empreendimento; existência de infraestrutura de saneamento
	1.2 Qualidade do Entorno – Impactos	SIM	Não existem na proximidade do terreno fontes de ruídos, odores e poluição excessivos e constantes
PROJETO E CONFORTO	2.5 - Local para Coleta Seletiva	SIM	Existência local para disposição de lixo segregado
	2.6 - Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	NÃO	Existência de equipamentos internos no condomínio
	2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	SIM	Obedece ao valor da transmitância térmica para paredes externas recomendada pela NBR 15.575, porém não implanta a edificação de acordo com a melhor orientação

Fonte: Elaborado pela autora.

Na categoria Eficiência Energética, dos 8 critérios apenas 2 foram cumpridos, sendo estes critérios obrigatórios. O critério 3.2 - Dispositivos Economizadores para Áreas Comuns, é cumprido, pois há previsão de sensores de presença. O critério 3.5

- medição individualizada do gás, também é cumprido, pois existe previsão projetual de gás natural para abastecimento da cozinha, tendo seu uso previsto por medição individualizada.

Para a categoria Conservação de Recursos Materiais, dos 10 critérios, 6 foram contemplados, sendo 3 critérios obrigatórios. Os critérios 4.2 - Qualidade de Materiais e Componentes e 4.4 - Formas e Escoras Reutilizáveis foram atendidos¹⁹. O primeiro exige a comprovação da utilização apenas de produtos fabricados por empresas classificadas como “qualificadas” pelo Ministério das Cidades, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H). O segundo busca a redução do emprego de madeira em aplicações de baixa durabilidade, que constituem desperdício, e incentiva o uso de materiais reutilizáveis.

Os critérios 4.5 - Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e 4.6 - Concreto com Dosagem Otimizada foram atendidos, pois a obra possui “Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC” e são utilizados concretos com dosagem otimizada na obra, respectivamente. Os critérios 4.9 - Madeira Plantada ou Certificada e 4.10 - Facilidade de Manutenção da Fachada foram atendidos: as madeiras utilizadas na obra são certificadas e o revestimento da fachada é cerâmico (vida útil estimada superior a 15 anos), respectivamente. Dentro da categoria Gestão da Água, o único critério atendido foi o 5.1- Medição Individualizada – Água que indica a utilização de medidores individuais, sendo este um critério obrigatório.

No Quadro 18, está a síntese das categorias com seus critérios cumpridos pelo projeto estudo de caso para o Selo Casa Azul Caixa.

Quanto aos critérios não atendidos, na categoria Qualidade Urbana, o critério 1.3 - Melhorias no Entorno, que busca incentivar ações para melhorias estéticas, funcionais, paisagísticas e de acessibilidade no entorno do empreendimento e o critério 1.4 - Recuperação de Áreas Degradadas, que incentiva a recuperação de áreas social e/ou ambientalmente degradadas, não foram previstos no projeto. Esses critérios são relevantes, pois buscam integrar o edifício à cidade melhorando as características do entorno como a acessibilidade e o aumento de áreas

¹⁹ Segundo informações obtidas junto a funcionários da construtora executora do projeto.

permeáveis. O critério 1.5 - Reabilitação de Imóveis, não foi contemplado, pois o terreno analisado não se enquadra como vazio urbano²⁰.

Quadro 18 - Critério cumpridos pelo estudo de caso para o Selo Casa Azul Caixa, categorias eficiência energética, conservação de recursos materiais e gestão da água

CATEGORIA	CRITÉRIOS CUMPRIDOS	PRIORITÁRIO PARA MACEIÓ/AL	RESUMO AVALIAÇÃO
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	3.2 - Dispositivos Economizadores para Áreas Comuns	SIM	Há previsão de sensores de presença.
	3.5 - Medição individualizada do gás	SIM	Está previsto no projeto
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS	4.2 - Qualidade de Materiais e Componentes	SIM	Comprova a utilização de produtos fabricados por empresas classificadas como “qualificadas” pelo Ministério das Cidades, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H)
	4.4 - Formas e Escoras Reutilizáveis	NÃO	Reduz o emprego de madeira para usos com baixa durabilidade.
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS	4.5 - Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	SIM	Existe “Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC”
	4.6 - Concreto com Dosagem Otimizada	NÃO	São utilizados concretos com dosagem otimizada na obra
	4.9 - Madeira Plantada ou Certificada e	SIM	As madeiras utilizadas na obra são certificadas
	4.10 - Facilidade de Manutenção da Fachada	NÃO	O Revestimento da fachada utilizado possui vida útil estimada superior a 15 anos
GESTÃO DA ÁGUA	5.1- Medição Individualizada – Água	SIM	Está previsto no projeto

Fonte: Elaborado pela autora.

²⁰ “Vazio urbano caracteriza-se enquanto áreas inutilizadas ou subutilizadas em suas possibilidades ou em desuso, em termos genéricos. Estes espaços presentes na malha urbana são consequências dos inúmeros processos históricos, políticos, econômicos e geográficos de determinado local” FREITAS, M. R. P.; NEGRÃO, G. N. (2014).

Na categoria Projeto e Conforto, verificou-se que não foi realizado o projeto paisagístico do entorno da edificação, mas apenas de algumas pequenas áreas ajardinadas no pavimento pilotis. Já o projeto arquitetônico não foi elaborado com previsão de modificações; porém mudanças internas poderão ser propostas pelos proprietários e executadas mediante aprovação da construtora. Desse modo os critérios 2.1 Paisagismo e 2.2 Flexibilidade de Projetos não foram cumpridos.

Também não foram previstas medidas que propiciassem à vizinhança condições adequadas de insolação, ventilação, entre outros. Essas medidas fazem parte do critério 2.3 - Relação com a Vizinhança, que visa a minimização dos impactos negativos do empreendimento sobre a vizinhança, havendo assim uma maior integração do mesmo com a cidade, item importante como facilitador do alcance de uma sustentabilidade ambiental urbana. Da mesma forma, o critério 2.4 - Solução Alternativa de Transporte não foi atendido, não havendo no projeto área de bicicletário.

O critério 2.7 - Desempenho Térmico - Vedações não foi cumprido no tocante ao tamanho das aberturas para ventilação e iluminação que devem ser maior ou igual a 8% da área do piso dos ambientes de permanência prolongada - cozinha, sala e quartos (ABNT, 2013). Os ambientes do projeto analisado possuem as aberturas cujo dimensionamento e adequação à Norma de Desempenho (ABNT, 2013) foram mostrados na Tabela 6 (item 3.1.5). Dessa forma existem aberturas com área inferior à exigida para a suíte e quartos dos apartamentos. Além disso, não são consideradas para a locação das aberturas a possibilidade de melhor captação da ventilação natural.

O critério 2.8 - Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos, apesar de ser obrigatório, tornou-se opcional para a zona bioclimática 8, depois da revisão para adequação a NBR 15.575 (2013) e ao Selo Procel Edifica (PROCEL INFO, 2013), sendo recomendado apenas o sombreamento nos cômodos de longa permanência voltados para oeste. A primeira versão do Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) exigia uma série de estratégias bioclimáticas para o alcance do conforto térmico necessário. Com a revisão nos indicadores do Selo Casa Azul no ano de 2013 nota-se uma lacuna neste aspecto. Por outro lado, sabe-se a importância da implantação da edificação no terreno de acordo com a insolação e ventilação natural para evitar ganhos de calor excessivos no ambiente que gera desconforto no futuro usuário. A não obrigatoriedade de sombreamento (pelo Selo Casa Azul e pela NBR 15.575)

também leva ao desempenho insuficiente da edificação estudada quanto ao conforto térmico.

Os critérios 2.9 - Iluminação Natural de Áreas Comuns e 2.10 - Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros não foram atendidos, pois não existe iluminação natural nas áreas comuns do pavimento tipo e a área das janelas previstas é menor que 12,5% da área dos ambientes. O critério 2.11- Adequação às Condições Físicas do Terreno não foi cumprido visto que houve escavação em quase toda área perimetral do terreno, não havendo aproveitamento da topografia natural do mesmo.

Na categoria Eficiência Energética, o critério 3.1 - Lâmpadas de Baixo Consumo nas Áreas Privativas não foi contemplado, pois a construtora não entrega a obra com as lâmpadas, e consequentemente não as especifica. Esse item é obrigatório somente para empreendimentos de habitação de interesse social destinados a famílias com renda mensal de até três salários mínimos. Os critérios 3.3 e 3.4 também não foram cumpridos: Sistema de Aquecimento Solar e Sistemas de Aquecimento à Gás. Não há sistemas de aquecimento solar e aquecimento a gás previsto em projeto.

Os critérios 3.6, 3.7 e 3.8 (Elevadores Eficientes, Eletrodomésticos Eficientes e Fontes Alternativas de Energia) não foram contemplados. Seus objetivos são a redução do consumo de energia mediante a instalação na obra de elevadores eficientes, emprego de eletrodomésticos com selo Procel ou Ence nível A (PROCEL INFO, 2013), e através da existência de sistema de geração e conservação de energia de fontes alternativas com eficiência comprovada, com previsão de suprir 25% da energia consumida no local.

Quanto à categoria Eficiência Energética, percebe-se que o projeto, desenvolvido dentro da prática convencional da construção, não cumpriu esse critério, pois a prática mais recorrente nas construções é a adoção de sensores de presença apenas na área de circulação dos pavimentos tipos e escadas, e a utilização de gás natural para o abastecimento da cozinha. O aquecimento de chuveiros continua sendo efetuado através da energia elétrica na maioria dos projetos arquitetônicos residenciais multifamiliares.

Na categoria Conservação de Recursos Materiais, o critério 4.1 - Coordenação Modular recomenda a adoção da coordenação modular como forma de reduzir as perdas de materiais pela necessidade de cortes, ajustes de componentes e uso de material de enchimento, aumentando a produtividade da

construção civil e reduzindo o volume de resíduos. Não foi cumprido esse critério, pois no projeto não foi prevista a adoção dessa metodologia.

O critério 4.3 - Componentes Industrializados ou Pré-fabricados incentiva o uso de componentes industrializados ou pré-fabricados. Não foi contemplado, visto que o projeto analisado foi elaborado dentro da prática convencional da construção. Os critérios 4.7 - Cimento de Alto-Forno (CP III) e Pozolânico (CP IV) e 4.8 - Pavimentação com RCD não foram contemplados. A especificação do cimento utilizado na obra, segundo informações obtidas junto a funcionários da construtora executora do projeto é o CP II. Sendo os recomendados pelo Selo Casa Azul o CP III e o CP IV²¹. Não há especificação para a execução da pavimentação com resíduos de construção e demolição utilizados como agregados reciclados.

A categoria Conservação de Recursos Materiais possui seus critérios diretamente ligados à fase projetual. A utilização de uma metodologia como a coordenação modular para o aumento da produtividade da obra e a redução de perdas de materiais tem que estar definida desde a fase da concepção do projeto. A especificação de materiais de acabamento e execução da obra é determinada na fase de projeto executivo. Isso demonstra a importância dessa fase que prevê todas as etapas da execução da obra.

Dentro da categoria Gestão da Água, os critérios 5.2 a 5.8 (Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga; Dispositivos Economizadores – Arejadores; Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão; Aproveitamento de Águas Pluviais; Retenção de Águas Pluviais; Infiltração de Águas Pluviais e Áreas Permeáveis, respectivamente) não foram contemplados. Não há a adoção de dispositivos economizadores de água e não foi previsto em projeto um aproveitamento das águas pluviais nem sua retenção para posterior descarte, nem para infiltração natural. Esse é um dos grandes problemas de infraestrutura da cidade, e deve-se ter uma atenção maior a este critério.

O critério 5.8 Áreas permeáveis, também não foi cumprido quanto ao que é exigido pelo Código de Obras e Urbanismo de Maceió (MACEIÓ, 2007), que preconiza em seu Art. 281 que a taxa de permeabilidade mínima para terrenos ou lotes com área superior a 1.200,00 m² até 1.800,00 m² deve ser de 5%. O lote onde

²¹ CP II – Cimento Portland Composto: contém quantidade um pouco maior de adições de escórias granuladas de alto-forno, materiais pozolânicos e filer calcário em relação ao cimento simples; CP III – Cimento Portland de Alto-Forno; CP IV – Cimento Portland Pozolânico. Os dois últimos são cimentos ecologicamente corretos, pelo menor uso de clínquer e, consequentemente, menor emissão de CO₂ e preservação das jazidas.

está inserido o edifício em estudo possui uma área de 1.748,83 m²; logo, deveria haver uma área permeável mínima de 87,44 m². Porém a área permeável existente é de 18,91 m² (o que equivale a 1,08% do total).

Além do não cumprimento dos critérios supracitados, o projeto avaliado não contempla o percentual de 3% das unidades acessíveis. Existe acessibilidade apenas nas áreas comuns. As portas dos banheiros dos apartamentos possuem largura de 0,70m, abaixo do recomendado pela NBR 9050 (ABNT, 2015) que recomenda largura mínima de 0,80m para possibilitar a entrada de uma pessoa em cadeira de rodas.

Como houve critérios obrigatórios que não foram cumpridos, sendo estes: 2.1 Paisagismo; 2.7 Desempenho térmico – vedações; 2.8 Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos; 5.2 Dispositivos economizadores – sistemas de descarga e 5.8 Áreas permeáveis, o edifício não consegue ser certificado pelo Selo Casa Azul Caixa, pois precisaria cumprir todos os 18 critérios obrigatórios para alcançar a certificação selo bronze.

Salienta-se que, por ser um projeto aprovado em novembro de 2014, o mesmo já deveria cumprir as exigências da NBR 15.575 (ABNT, 2013). Logo os critérios 2.7 Desempenho térmico – vedações e 2.8 Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos, deveriam ter sido contemplados.

Do total de 18 critérios obrigatórios, 5 não foram cumpridos. Foram cumpridos 2 critérios não obrigatórios: 4.6 concreto com dosagem otimizada e 4.9 madeira plantada ou certificada. Enfatiza-se que dois dos critérios obrigatórios não cumpridos: 2.7 Desempenho térmico – vedações e 2.8 Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos, são estratégicos para o alcance de um edifício termicamente confortável e consequentemente mais sustentável ambientalmente, conforme condicionantes projetuais para edificações residenciais para Maceió/AL definidas no presente trabalho.

4.1.2 Aplicação do Referencial GBC Brasil Casa

O Quadro 19 apresenta os resultados da aplicação da certificação Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014) no estudo de caso. Critérios em negrito são mais relevantes para Maceió/AL, levando em consideração

as condicionantes projetuais para edificações residenciais definidas no presente trabalho para a cidade em estudo e o embasamento teórico referenciado.

Quadro 19 - Categorias e critérios avaliados pelo sistema de certificação Referencial GBC Brasil Casa para o projeto estudado

CATEGORIAS/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO	CUMPRIU	NÃO CUMPRIU
IMPLANTAÇÃO			
Controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da construção	X		X
Orientação de Projeto – Carta Solar	X		X
Não utilizar Plantas Invasoras	X		X
Desenvolvimento Urbano Certificado			X
Seleção do Terreno		X	
Localização Preferencialmente Desenvolvida		X	
Infraestrutura de Água e Saneamento Básico			X
Proximidade a Recursos Comunitários e Transporte Público		X	
Acesso a Espaço Aberto			X
Administração do Canteiro			X
Paisagismo			X
Redução de Ilha de Calor – Áreas de Piso e Cobertura			X
Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais – Quantidade			X
Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais – Qualidade			X
Controle de Pragas sem Produtos Tóxicos			X
Implantação Compacta		X	
USO RACIONAL DA ÁGUA			
Uso Racional da Água – Básico	X		X
Medição Única do Consumo de Água	X	X	
Uso Racional da Água – Otimizado			X
Medição Setorizada do Consumo de Água			X
Sistemas de Irrigação Eficiente			X
ENERGIA E ATMOSFERA			
Desempenho da Envoltória	X		X
Fontes de Aquecimento de Água Eficientes	X		X
Qualidade das Instalações Elétricas de Baixa Tensão	X	X	

CATEGORIAS/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO	CUMPRIU	NÃO CUMPRIU
Iluminação Artificial	X		X
Desempenho Energético Aprimorado			X
Obter a etiqueta PBE Edifica			X
Atender Nível A do PBE Edifica			X
Fontes Eficientes de Aquecimento Solar			X
Iluminação Artificial – Otimizada			X
Gerenciamento do Gás Refrigerante Residencial ²²		X	
Equipamentos Eletroeletrônicos Eficientes			X
Energia Renovável			X
Comissionamento dos Sistemas Instalados			X
Medição e Verificação			X
MATERIAIS E RECURSOS			
Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção	X	X	
Madeira Legalizada	X	X	
Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação			X
Madeira Certificada		X	
Materiais Ambientalmente Preferíveis			X
Controle de Materiais Contaminantes			X
Materiais Certificados			X
Desmontabilidade e Redução de Resíduos – Sistemas Estruturais			X
Desmontabilidade e Redução de Resíduos – Sistemas Não-estrutural			X
QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA			
Controle de Emissão de Gases de Combustão	X		X
Ventilação Natural e Exaustão Localizada – Básica	X		X
Conforto Ambiental Interno			X
Controle de Umidade Local			X
Exaustão Localizada – Automatizada			X
Controle de Partículas Contaminantes			X
Proteção de Poluentes Provenientes da Garagem			X
Proteção ao Radônio – Áreas de grande risco			X

²² Residências unifamiliares e áreas comuns de condomínios residenciais que não possuam sistema de ar-condicionado instalados ganham esse ponto automaticamente.

Acústica				X
CATEGORIAS/CRITÉRIOS	OBRIGATÓRIO	CUMPRIU		NÃO CUMPRIU
INOVAÇÃO E PROJETO				
Projeto Integrado e Planejamento				X
Gerenciamento da Qualidade, visando a Durabilidade				X
Manual do Usuário				X
Declaração Ambiental de Produto				X
Inovação e Projeto		X		
CRÉDITOS REGIONAIS				
Prioridades Regionais: Nordeste				X
REQUISITOS SOCIAIS				
Não avaliado				

Fonte: Elaborado pela autora.

Alguns critérios existentes na categoria Implantação são importantes, mas não fazem parte da fase projetual arquitetônica e, sim, na etapa do planejamento da execução da obra. Semelhante ao sistema de certificação Selo Casa Azul, os critérios prioritários para a cidade em estudo são: análise da insolação, critérios relacionados à mobilidade urbana e infraestrutura urbana, bem como a implantação compacta para que seja possível um aproveitamento maior da rede de infraestrutura com uma densidade habitacional alta por m², promovendo a eficiência dos sistemas.

Nas categorias Uso Racional da Água e Energia e Atmosfera o enfoque é a verificação da redução do consumo de água e energia. Na categoria Materiais e Recursos, assim como no Selo Casa Azul, busca-se o uso correto da madeira, além da utilização de materiais alternativos. Na categoria Qualidade Ambiental Interna, os critérios elencados como importantes buscam o conforto térmico da edificação, baseando-se nas normas vigentes. A categoria Inovação e Projeto traz o critério Projeto Integrado e Planejamento, considerado importante por abordar a necessidade da compatibilização dos projetos.

Para um melhor entendimento da relevância ou não dos critérios, no Anexo A encontram-se os objetivos de cada categoria com seus respectivos critérios. A aplicação da certificação Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014) mostra que, dentro dos 62 critérios distribuídos nas 7 categorias, foram cumpridos 11 critérios, dos quais apenas 4 obrigatórios.

Verificando-se os critérios cumpridos dentro da categoria Implantação, de 16 critérios apenas 4 foram contemplados (seleção do terreno; localização preferencialmente desenvolvida; proximidade a recursos comunitários e transporte público e implantação compacta), sendo que destes nenhum é obrigatório. A seleção do terreno foi feita em local adequado, sem restrições ambientais e em uma área já consolidada em termos de infraestrutura urbana, próxima a serviços comunitários e meios de transporte público. O projeto é considerado uma obra de implantação compacta ao avaliar o número de moradores pela área do terreno, possuindo uma densidade muito alta com uma média habitacional de 21 ou mais unidades habitacionais a cada 4.000 m² de área edificável.

Na categoria Uso Racional da Água, apenas 1 critério foi atendido (Medição Única do Consumo), pois no projeto existe a previsão de instalação de medidores individuais. Para a categoria Energia e Atmosfera, dos quatorze critérios, apenas dois foram cumpridos, Qualidade das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (pois existe projeto elétrico para a edificação) e Gerenciamento de Gás Refrigerante Residencial, segundo dados coletados junto à construtora responsável pela obra.

Dentro da categoria Materiais e Recursos, três critérios foram atendidos (plano de gerenciamento de resíduos da construção; madeira legalizada e madeira certificada), demonstrando preocupação quanto à origem da madeira utilizada na obra e com o gerenciamento dos resíduos gerados. Como dito anteriormente a empresa faz parte do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) que tem como um de seus objetivos o uso consciente da madeira. O Quadro 20 traz o resumo dos critérios cumpridos pelo Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014).

Na categoria Implantação, dentro dos 12 critérios não atendidos, verificou-se a implantação do edifício no terreno sem conformidade com a orientação adequada de modo a minimizar a insolação excessiva, sendo este critério importante para o alcance de uma edificação mais sustentável, evitando gastos excessivos com a utilização de iluminação artificial, e ares-condicionados. Outros critérios não atendidos estão relacionados basicamente com a gestão do canteiro e a gestão da obra (controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da construção, administração do canteiro).

Quadro 20 - Critérios cumpridos pelo estudo de caso para o Referencial GBC Brasil Casa

CATEG.	CRITÉRIOS CUMPRIDOS	PRIORITÁRIO PARA MACEIÓ/AL	RESUMO AVALIAÇÃO
IMPLANTAÇÃO	Seleção do terreno	SIM	A seleção do terreno foi feita em local adequado, sem restrições ambientais
	Localização preferencialmente desenvolvida	SIM	Área de implantação já desenvolvida, com infraestrutura consolidada
	Proximidade a recursos comunitários e transporte público	SIM	Próxima a recursos comunitários e meios de transporte público.
	Implantação compacta	NÃO	O projeto é considerado uma obra de implantação compacta ao avaliar o número de moradores pela área do terreno.
USO RACIONAL DA ÁGUA	Medição Única do Consumo	SIM	Está previsto no projeto
ENERGIA E ATMOSFERA	Qualidade das Instalações Elétricas de Baixa Tensão	NÃO	Existe projeto elétrico para a edificação
	Gerenciamento de Gás Refrigerante Residencial	NÃO	Não houve projeto de refrigeração
MATERIAIS E RECURSOS	Plano de gerenciamento de resíduos da construção	SIM	Existe Plano de gerenciamento de resíduos da construção - PGRCC
	Madeira legalizada	SIM	Madeiras adquiridas de floresta de remanejamento
	Madeira certificada	SIM	Madeiras adquiridas de floresta de remanejamento

Fonte: Elaborado pela autora.

Na categoria Uso Racional da Água, não está previsto no projeto a instalação de equipamentos redutores de consumo nem sistemas de irrigação. Desse modo, os critérios uso racional da água – básico; uso racional da água – otimizado; medição setorizada do consumo de água e sistemas de irrigação eficientes não foram cumpridos.

Para a categoria Energia e Atmosfera, critérios importantes para o alcance do conforto ambiental como Desempenho da Envoltória e Desempenho Energético Aprimorado não foram observados. A categoria Qualidade Ambiental Interna não

teve nenhum critério atendido, ficando o conforto térmico da edificação comprometido, devido à não implantação em conformidade com a melhor orientação e o não cumprimento das recomendações das normas NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2013).

O critério de Infraestrutura de Água e Saneamento Básico, dentro da categoria Implantação, tem como requisito a localização de edificação a um raio máximo de 1000m de redes de abastecimento de água e coletoras de esgoto. Esse critério não foi atingido, pois não há rede coletora de esgoto no local. Apesar de o Referencial GBC Brasil Casa não tratar da destinação final de efluentes sanitários nessas situações, o projeto estudado prevê uma instalação de tratamento de esgoto anaeróbio, que poderia ser incluído na categoria e critério de Inovação e Projeto.

A categoria Requisitos Sociais não foi avaliada, porém um de seus critérios engloba a acessibilidade para pessoas com deficiência. É exigido que sejam observadas as condições de acessibilidade segundo a NBR 9050 (ABNT, 2015), para o Registro de Responsabilidade Técnica (RRT) no Conselho de Arquitetura e Urbanismo, mediante responsabilidade do arquiteto autor do projeto. Para o edifício estudado, não há acessibilidade para pessoas com deficiência internamente nas unidades habitacionais.

Dentro dos 62 critérios distribuídos nas 7 categorias foram cumpridos 11 critérios, sendo apenas 4 obrigatórios. Não foi considerada Créditos Regionais como categoria, pois para o seu cumprimento deve-se escolher e contemplar critérios já expostos nas outras 7 categorias, excetuando-se os obrigatórios. Para a região Nordeste do Brasil, o Referencial GBC Brasil Casa indica como critérios importantes de serem cumpridos os descritos a seguir:

- IMP Crédito 2 – Seleção do Terreno
- IMP Crédito 4 – Infraestrutura de Água e Saneamento Básico
- URA Crédito 1 – Uso Racional da Água – Otimizado
- EA Crédito 3 – Atender Nível A do PBE Edifica
- EA Crédito 8 – Energia Renovável
- MR Crédito 1 – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação
- MR Crédito 3 – Materiais Ambientalmente preferíveis – Materiais Regionais

- QAI Crédito 1 – Conforto Ambiental Interno

4.1.3 Aplicação da Certificação AQUA

O Quadro 21 apresenta os resultados da aplicação da certificação AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) no projeto arquitetônico estudo de caso. Critérios em negrito são mais relevantes para Maceió/AL, levando em consideração as condicionantes projetuais para edificações residenciais definidas no presente trabalho para a cidade em estudo e o embasamento teórico de construções sustentáveis. Ressalte-se que os requisitos estão divididos nas 14 categorias do processo AQUA, que estão agrupadas em 4 temas.

Na Categoria 1 - Relação do edifício com o seu entorno, são verificados critérios relevantes com relação ao impacto do edifício na vizinhança no tocante à insolação e ventilação. Para a Categoria 2 - Qualidade dos componentes é importante a utilização de madeira certificada ou legalizada. Dentro da Categoria 4 - Gestão da energia, os critérios de concepção térmica visam um desempenho satisfatório da envoltória em busca de um melhor conforto térmico, iluminação artificial objetivando a economia, bem como o conforto visual.

Para a Categoria 5 - Gestão da água, os critérios elencados como relevantes para Maceió/AL foram: medição do consumo de água, gestão das águas servidas, gestão das águas pluviais, considerando a prioridade no serviço de saneamento básico para a cidade de Maceió/AL. Na Categoria 8 - Conforto higrotérmico a implementação de medidas arquitetônicas para otimização do conforto higrotérmico de verão e inverno foi tido como critério relevante para Maceió/AL, tendo em vista a importância da adoção de estratégias bioclimáticas para um melhor conforto ambiental.

Nas categorias 9 – Conforto Acústico e 10 – Conforto Visual, os critérios qualidade acústica, iluminação natural e iluminação artificial são importantes para o conforto ambiental e baseiam-se na norma de desempenho (ABNT, 2013). Nas categorias 12 – Qualidade dos Espaços e 13 – Qualidade Sanitária do Ar, os critérios acessibilidade e adaptabilidade do edifício e ventilação são prioritários, pois o primeiro visa a acessibilidade da edificação por todos e o segundo é um dos meios de geração do conforto térmico da edificação.

Quanto às 14 categorias existentes na certificação AQUA, nove não foram cumpridas em nenhum dos seus critérios e requisitos (Relação do edifício com o seu entorno; Gestão da energia; Gestão dos resíduos; Conforto higrotérmico; Conforto acústico; Conforto visual; Conforto olfativo; Qualidade sanitária do ar e Qualidade sanitária da água).

Quadro 21 - Categorias e critérios avaliados pelo sistema de certificação AQUA para o projeto estudado

estudado		QUANTID. REQUISITOS		Cumpriu parcial
TEMAS	CATEGORIAS / CRITÉRIOS	Obrigatório*	Não obrigatório	
Meio ambiente	Categoria 1 - Relação do edifício com o seu entorno			
	Análise do local do empreendimento	2	2	
	Organização do terreno de modo a criar um ambiente agradável	1	0	
	Organização do terreno de modo a favorecer a ecomobilidade	1	1	
	Categoria 2 - Qualidade dos componentes			
	Qualidade técnica dos materiais, produtos e equipamentos utilizados	2	0	
	Qualidade ambiental dos materiais, produtos e equipamentos utilizados	3	3	X
	Qualidade sanitária dos materiais, produtos e equipamentos utilizados	2	2	
	Revestimentos de piso (condomínios verticais)	1	0	
	Revestimentos de piso (casas)	1	0	
	Escolher fabricantes de produtos e fornecedores de serviços que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva	1	0	
	Categoria 3 - Canteiro sustentável			
	Compromissos e objetivos do canteiro	3	1	X
	Organização do canteiro	2	4	
	Gestão dos resíduos de canteiro	3	3	
	Limitação dos incômodos e da poluição no canteiro	2	5	
	Consideração de aspectos sociais no canteiro de obras	2	1	
Energia e Economias	Categoria 4 - Gestão da energia			
	Concepção térmica	2	4	
	Redução do consumo de energia para os sistemas de condicionamento de ar, ventilação e exaustão	1	0	
	Energia térmica solar e/ou painéis fotovoltaicos	2	0	
	Desempenho do sistema para produção de água quente	5	4	
	Iluminação artificial	3	1	
	Elevador (se existir)	2	1	
	Redução do consumo de energia dos demais equipamentos	1	1	
	Controle do consumo de energia	0	1	
	Categoria 5 - Gestão da água			
	Medição do consumo de água	0	2	X

TEMAS	CATEGORIAS / CRITÉRIOS	QUANTID. REQUISITOS		Cumpriu parcial
		Obrigatório*	Não obrigatório	
Energia e Economias	Redução do consumo de água distribuída	5	0	
	Necessidade de água quente	1	0	
	Gestão das águas servidas	1	1	X
	Gestão das águas pluviais	2	1	
	Categoria 6 - Gestão dos resíduos			
	Identificar e classificar a produção de resíduos de uso e operação com finalid. de valorização	2	2	
	Escolha do modo coletivo de estocagem dos resíduos	1	0	
	Reduzir a produção de resíduos e melhorar a triagem	0	4	
	Condições de armazenamento coletivo dos resíduos	5	4	
	Remoção de resíduos independente do empreendimento (exigência a ser respeitada se o armazenamento dos resíduos for feito no recinto do empreendimento)	1	1	
	Categoria 7 - Gestão da conservação e da manutenção			
	Informações sobre a manutenção	1	0	
	Controle do fluxo de água	3	3	X
	Manutenção da área de armazenamento de resíduos (se existente)	1	2	
	Concepção de modo a assegurar uma manutenção eficiente dos outros equipamentos	1	2	
	Gestão técnica do edifício e sistemas de automação residencial	0	1	
Conforto	Categoria 8 - Conforto higrotérmico			
	Implementação de medidas arquitetônicas para otimização do conforto higrotérmico de verão e inverno	2	0	
	Conforto em período de inverno	1	1	
	Conforto em período de verão	1	1	
	Medida do nível de higrometria	0	1	
	Categoria 9 - Conforto acústico			
	Levar em conta a acústica nas disposições arquitetônicas	3	0	
	Qualidade acústica	1	2	
	Categoria 10 - Conforto visual			
	Contexto visual externo	1	1	
	Iluminação natural	1	2	
	Iluminação artificial	1	0	
	Categoria 11 - Conforto olfativo			
	Controle das fontes de odores desagradáveis	3	2	
	Ventilação	1	2	
Saúde e Segurança	Categoria 12 - Qualidade dos espaços			
	Qualidade sanitária dos espaços	4	2	X
	Equipamentos domésticos	1	0	
	Segurança	4	6	X
	Acessibilidade e adaptabilidade do edifício	3	3	
	Categoria 13 - Qualidade sanitária do ar			
	Controlar as fontes de poluição externas	2	1	
	Controlar as fontes de poluição internas	2	2	

	Ventilação	6	7	
TEMAS	CATEGORIAS / CRITÉRIOS	QUANTID. REQUISITOS		Cumpriu parcial
		Obrigatório*	Não obrigatório	
Saúde e Segurança	Medir a qualidade do ar	0	1	
	Categoria 14 - Qualidade sanitária da água			
	Qualidade da água	5	2	
	Reduzir os riscos de legionelose e queimaduras	4	3	

*Obrigatório para o nível BP – Boas Práticas

Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se na certificação AQUA um nível maior de exigências para o alcance dos critérios em relação aos outros sistemas de certificação estudados. Para exemplificar, tem-se que um dos critérios da categoria Gestão da água exige a previsão do consumo anual de água potável e, para isso, estabelece o cumprimento de 3 requisitos: estimar o consumo anual de água potável em m³/ano por moradores e transmitir esta informação aos futuros usuários no manual do proprietário; estimar o consumo anual de água potável em m³/ano para as áreas comuns e identificar o consumo total de água não potável em m³/ano, se houver, e seus pontos de consumo nas unidades habitacionais e nas áreas comuns. Para o cumprimento de um critério dentro dessa categoria é necessário contemplar 3 requisitos. Isso é um fator que dificulta uma edificação que tenha sido planejada sem a intenção prévia de ser certificada pelo AQUA de alcançar a certificação mínima de boas práticas.

Nas cinco categorias restantes (Qualidade dos componentes; Canteiro sustentável, Gestão da energia; Gestão da água; Gestão da conservação e da manutenção e Qualidade dos espaços), alguns critérios do selo foram cumpridos parcialmente pelo projeto estudado e não houve nenhum critério obedecido no total de seus requisitos.

Na categoria 2 – qualidade dos componentes, foi cumprido parcialmente o requisito qualidade ambiental dos materiais, produtos e equipamentos utilizados só no tocante à utilização da madeira, já que foi utilizada na obra apenas madeira certificada. Já na categoria 3 – canteiro sustentável, o critério parcialmente cumprido foi: compromissos e objetivos do canteiro, referente às responsabilidades trabalhistas, segundo dados informados por funcionários da construtora. Para a categoria 5 – gestão da água, foram cumpridos parcialmente a medição do consumo de água e a gestão de águas servidas, pois o projeto estudado prevê a instalação de

medidor individual e tem projeto para o tratamento dos efluentes líquidos domésticos.

Para a categoria 7 – gestão da conservação e manutenção, foi cumprido parcialmente o critério controle do fluxo de água, devido à localização prevista de Instalação do medidor individual de consumo de água das unidades habitacionais estar na parte comum do prédio. Dentro da categoria 12 – Qualidade dos espaços, foram cumpridos parcialmente os critérios relativos à qualidade sanitária dos espaços e segurança²³. Quanto à segurança há o cumprimento da NBR 5410 (ABNT, 2008) para instalações elétricas de baixa voltagem bem como foi prevista a instalação de dispositivo de controle de acesso na entrada do imóvel.

Não foi possível definir uma pontuação atingida pelo projeto estudado, pois os critérios não foram cumpridos em sua totalidade. Dentre os critérios não atendidos em nenhum de seus requisitos destaca-se a não observância do projeto estudado para as diretrizes da norma de desempenho (NBR 15575, 2013), a implantação do edifício no terreno sem buscar o aproveitamento da iluminação e ventilação naturais, conforme descrito em 3.1.5, a não especificação de elementos redutores no consumo de água e energia, a não utilização de fontes alternativas de energia, entre outros.

Verificou-se, enfim, que a existência de critérios pré-requisitos ou obrigatórios nas certificações existentes não possibilita uma avaliação geral do nível de sustentabilidade projetual, a menos que o mesmo tenha sido elaborado com a intenção prévia de obter uma certificação. Esse fato demonstra a importância de uma ferramenta que possa classificar o nível de sustentabilidade projetual sem que seja determinada a adoção de soluções específicas.

No Quadro 22 podem-se verificar as vantagens e desvantagens (relacionadas às condicionantes projetuais para edificações residenciais em Maceió/AL) dos sistemas de certificação utilizados no estudo de caso do presente trabalho.

²³ Segundo informações obtidas junto a funcionários da construtora responsável pela execução da obra do projeto avaliado, pois as áreas molhadas são revestidas com cerâmica em sua altura total

Quadro 22 - Vantagens e desvantagens para Maceió/AL dos sistemas de certificação aplicados no estudo de caso

SISTEMA AQUA	
VANTAGENS	Sistema demonstra importância as condicionantes climáticas e de infraestrutura urbanas
DESVANTAGENS	Número demasiado de requisitos em cada critério para o cumprimento do mesmo, dificultando a possibilidade de contemplar os requisitos dentro de cada critério.
	O zoneamento bioclimático brasileiro determina o uso de algumas estratégias bioclimáticas importantes, porém, para Maceió/AL, é necessária a adoção de estratégias bioclimáticas mais específicas, conforme definidas no tópico 3.1.2.
SISTEMA SELO AZUL CAIXA	
VANTAGENS	Sistema simplificado de aplicação;
DESVANTAGENS	O zoneamento bioclimático brasileiro determina o uso de algumas estratégias bioclimáticas importantes, porém, para Maceió/AL, é necessária a adoção de estratégias bioclimáticas mais específicas, conforme definidas no tópico 3.1.2.
	Abordagem incipiente de questões de infraestrutura referente ao esgotamento sanitário.
REFERENCIAL GBC BRASIL CASA	
VANTAGENS	Sistema simplificado de aplicação;
DESVANTAGENS	Não cita recomendações para o caso de cidades que não possuam possuem infraestrutura de coleta de esgoto instalada.
	O zoneamento bioclimático brasileiro determina o uso de algumas estratégias bioclimáticas importantes, porém, para Maceió/AL, é necessária a adoção de estratégias bioclimáticas mais específicas, conforme definidas no tópico 3.1.2.

Fonte: Elaborado pela autora

4.2 ASPRE - Avaliação da Sustentabilidade em Projetos Residenciais para Maceió/AL

Primeiramente, com base nos sistemas de certificação selecionados e na revisão bibliográfica, levando em consideração as condicionantes climáticas e construtivas de Maceió/AL, foram definidas 5 categorias e 24 critérios.

As categorias agrupam critérios relativos às suas especificidades. Cada critério possui requisito(s) para que seja alcançado seu objetivo. O valor total alcançado por cada categoria resulta do cumprimento dos requisitos existentes nos critérios. Sendo assim, os requisitos são o meio de se alcançar os objetivos dos critérios e, conseqüentemente, das categorias.

Com base nos sistemas de certificações existentes foram definidas as categorias integrantes da ferramenta proposta ASPRE. No Quadro 23 encontram-se as categorias e seus escopos.

Quadro 23 - ASPRE: Categorias propostas e seus escopos

CATEGORIAS	ESCOPO
1. Integração Urbana	Atentar para critérios importantes de seleção do terreno, buscando sempre áreas com boa infraestrutura urbana instalada.
2. Projeto	Elaborar projeto integrado, com soluções construtivas sustentáveis ambientalmente, possuindo interface com as categorias Energia, Saneamento e Materiais
3. Energia	Buscar alternativas projetuais para o consumo energético eficiente.
4. Saneamento	Atentar para a redução do consumo de água potável nas residências e prever em projeto hidrossanitário destinação adequada tanto para os efluentes líquidos como sólidos. Buscar a permeabilidade do solo como forma de evitar problemas de alagamentos e facilitar o reabastecimento do lençol freático da cidade.
5. Materiais	Prever a utilização de materiais ambientalmente sustentáveis, bem como a gestão dos resíduos gerados pela construção civil.

Fonte: Elaborado pela autora

A partir das avaliações dos sistemas de certificações existentes em conjunto com as condicionantes climáticas, construtivas e de infraestrutura urbana de Maceió/AL, foram elencados critérios existentes nas certificações estudadas para compor a ASPRE. Houve a necessidade de criação de critérios e consequentemente de requisitos para uma maior abrangência das prioridades da cidade em estudo. No Quadro 24 verificam-se os critérios propostos para cada categoria e seus objetivos.

Dentro da categoria “saneamento”, os requisitos para o critério “descarte de efluentes líquidos” proposto na ASPRE, sugere a segregação de , reúso das águas cinzas e aproveitamento das pluviais. Também visando atender aos critérios prioritários de Maceió/AL, foi criado o critério “irrigação eficiente”, sugerindo o uso de água não potável para esse fim. O critério “águas pluviais” potencializa o que é indicado nos sistemas estudados, visto que a drenagem urbana é um problema prioritário na cidade de Maceió/AL.

Zarghami et al (2018) utilizou metodologia similar para a definição das categorias e critérios de sua ferramenta de avaliação. Nesse âmbito, verificam-se as categorias mais utilizadas pelos sistemas de certificação já consolidados e selecionam-se seus critérios segundo a necessidade do local.

Quadro 24 - ASPRE: Critérios propostos por categoria

CATEGORIA	SISTEMA DE ORIGEM	CRITÉRIOS	OBJETIVOS
Integração Urbana	Selo Casa Azul Referencial GBC Casa	Infraestrutura do entorno	Levar em consideração, na escolha do terreno, a infraestrutura urbana já instalada na região, o acesso a transporte público, a proximidade do terreno a escolas, bancos, restaurantes, entre outros.
	Selo Casa Azul AQUA	Impactos no entorno	Atentar para os impactos na vizinhança da edificação em projeto quanto a iluminação e ventilação naturais.
	Selo Casa Azul	Vazios urbanos	Buscar revitalizar áreas da cidade que já possuam uma boa infraestrutura urbana instalada.
Projeto	3 sistemas	Vedações – desempenho térmico	Proporcionar ao usuário melhores condições de conforto térmico.
	3 sistemas	Iluminação e ventilação natural áreas comuns e banheiros	Possibilitar a iluminação e ventilação natural em banheiros, melhorando a salubridade do ambiente e economizando energia.
	Referencial GBC Casa	Adequação as condicionantes físicas do terreno	Aproveitar a topografia do local de implantação, impactando o menos possível no ambiente.
	Referencial GBC Casa AQUA	Acústica	Reduzir a propagação de ruídos externos e entre unidades em edificações multifamiliares, principalmente nos ambientes de maior permanência da residência.
	Referencial GBC Casa	Acessibilidade	Projetar as edificações dentro do conceito de desenho universal. Em edificações multifamiliares prever unidades adaptadas no pavimento térreo, podendo locar em outros pavimentos quando da existência de elevador.
	NOVO	Projetos complementares	Buscar a elaboração do projeto integrado.
Energia	3 sistemas	Iluminação artificial	Reduzir o consumo de energia elétrica mediante o uso de lâmpadas eficientes.
	Selo Casa Azul AQUA	Dispositivos de economia	Reduzir o consumo de energia elétrica mediante a utilização de dispositivos economizadores e/ou lâmpadas eficientes nas áreas comuns.
	3 sistemas	Sistemas de aquecimento	Buscar fontes alternativas de energia para o aquecimento de água (solar, eólica) quando viável.
	Selo Casa Azul AQUA	Elevadores eficientes	Reduzir o consumo de energia elétrica com a utilização de sistemas operacionais eficientes na edificação.
Saneamento	3 sistemas	Medição individualizada água	Possibilitar aos usuários o gerenciamento do consumo de água de sua unidade habitacional, de forma a facilitar a redução de consumo.
	3 sistemas	Dispositivos economizadores	Instalar dispositivos que promovam a economia do consumo de água potável da edificação.
	Selo Casa Azul	Águas Pluviais	Diminuir o sobrecarregamento do sistema de coleta de água pluvial da

	AQUA		cidade.
CATEGORIA	SISTEMA DE ORIGEM	CRITÉRIOS	OBJETIVOS
Saneamento	Selo Casa Azul	Áreas permeáveis	Possibilitar o reabastecimento do lençol freático aumentando a porcentagem de área verde.
	NOVO	Irrigação eficiente	Fazer uso de água de reuso ou sistemas economizadores como forma de economizar água potável.
	Selo Casa Azul AQUA	Descarte - efluentes líquidos	Evitar a contaminação dos corpos hídricos, através de tratamento e descarte adequados.
	3 sistemas	Coleta seletiva	Reduzir o volume de lixo no aterro sanitário, através de sua seleção e disposição em centros de reciclagem.
Materiais	Selo Casa Azul AQUA	Qualidade materiais e componentes	Evitar o uso de produtos de baixa durabilidade, melhorando o desempenho e reduzindo o desperdício de recursos naturais.
	3 sistemas	Gestão dos resíduos da construção civil	Reduzir a quantidade de resíduos de construção e demolição e seus impactos no meio ambiente urbano.
	3 sistemas	Madeiras certificadas ou plantadas	Promover o uso de madeira de espécies exóticas plantadas ou madeira nativa certificada.
	3 sistemas	Materiais alternativos e/ou materiais regionais ou certificados	Fazer uso de materiais alternativos, desde que haja referências para isso. Utilizar materiais produzido na região da obra ou que possuam selo de certificação ambiental.

Fonte: Elaborado pela autora.

Salienta-se que a especificidade para a cidade de Maceió/AL (clima e infraestrutura), dentro da ferramenta proposta ASPRE, é averiguada na definição dos pesos das categorias e dos critérios, que indicam as prioridades locais. Os requisitos também são importantes, pois definem como cumprir os critérios existentes dentro de cada categoria. Desse modo, buscou-se acrescentar aos requisitos meios de reúso de resíduos gerados por elementos/produtos típicos em Maceió/AL como o sururu, o coco e a cana-de-açúcar. Além desses, também se buscou o reaproveitamento dos resíduos da construção civil.

A categoria Integração Urbana é a junção das categorias qualidade urbana – Selo Casa Azul; Implantação – Referencial GBC Brasil Casa e relação do edifício com entorno – AQUA. A categoria Projeto também deriva dos 3 sistemas estudados, sendo agrupadas as categorias Projeto e Conforto - Selo Casa Azul; Qualidade Ambiental Interna - Referencial GBC Brasil Casa e Conforto Higrotérmico, Acústico, Visual, Olfativo e Qualidade dos Espaços – AQUA. A categoria proposta Energia interliga as categorias dos sistemas estudados: Eficiência Energética - Selo Casa

Azul; Energia e Atmosfera - Referencial GBC Brasil Casa e Gestão da Energia – AQUA. Já a categoria Saneamento agrupa as categorias Gestão da Água - Selo Casa Azul; Uso Racional da Água - Referencial GBC Brasil Casa; Gestão da Água – AQUA.

A categoria Materiais é a compilação das categorias Conservação de Recursos Materiais - Selo Casa Azul; Materiais e Recursos - Referencial GBC Brasil Casa; Gestão da Conservação e da Manutenção, Gestão dos Resíduos, Qualidade dos Componentes – AQUA. Essa relação pode ser observada na Figura 34, onde se tem as 5 categorias da ferramenta proposta ASPRE relacionadas com as categorias de origem dos sistemas de certificação existentes.

Como a ferramenta proposta não é um sistema de certificação e sim um instrumento para orientar o projeto avaliando-se a sustentabilidade ambiental para a cidade de Maceió/AL, não foram estabelecidos critérios pré-requisitos. O grau de importância entre as categorias e seus respectivos critérios foi determinado através da definição dos pesos.

A aceção dos pesos para as categorias e critérios foi obtida através do método de análise multicriterial AHP, conforme descrito no item 3.2.4. Será demonstrado (tópico 1.2.1) o processo de obtenção dos pesos com uma única matriz como exemplo, tendo sido o mesmo processo repetido para as demais matrizes.

Figura 34 - Relação entre as categorias de origem (dos sistemas de certificação existentes) e as categorias da ferramenta proposta ASPRE, sendo em cada retângulo a primeira categoria referente ao Selo Casa Azul Caixa, a segunda ao Referencial GBC Brasil e a terceira ao AQUA



Fonte: Elaborado pela autora

4.2.1 Aplicação dos métodos AHP e Fuzzy

Com os questionários respondidos pelos especialistas, foi possível inserir os resultados na matriz (Tabela 9), e realizar sua normalização. Para isso, dividiu-se o valor de cada célula pelo somatório de sua coluna. Em seguida fez-se o somatório dos valores das linhas e o dividiu pelo número de categorias da matriz, que para esta matriz modelo foi 5 (cinco). Esse resultado multiplicado por 100 resulta na hierarquização dos critérios em porcentagem (Tabela 10).

Após essa etapa é necessária a verificação da consistência das respostas dos especialistas, sendo averiguada através da realização do cálculo para o vetor máximo. Para tanto, foram seguidos os seguintes passos: primeiro multiplica-se o valor da somatória da linha integração urbana da tabela 10 com o valor da somatória da coluna integração urbana da tabela 9. Faz-se isso para cada categoria e somam-

se todos os resultados obtendo-se assim o vetor máximo conforme se pode ver na Tabela 11.

Tabela 9 – Exemplo: Matriz obtida com a aplicação de questionário para definição dos pesos das categorias

CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS
INT. URBANA	1	7	7	7	5
PROJETO	1/7	1	3	1	1
ENERGIA	1/7	1/3	1	1	1
SANEAMENTO	1/7	1	1	1	1/3
MATERIAIS	1/5	1	1	3	1
Σ	1,6286	10,3333	13	13	8,3333

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 10 – Exemplo: Matriz normalizada, para a obtenção da hierarquização das categorias para a ferramenta proposta ASPRE

CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAM.	MATER.	Σ	HIER.%
INT. URBANA	0,6140	0,6774	0,5385	0,5385	0,6000	2,9684	59
PROJETO	0,0877	0,0968	0,2308	0,0769	0,1200	0,6122	12
ENERGIA	0,0877	0,0323	0,0769	0,0769	0,1200	0,3938	8
SANEAMENTO	0,0877	0,0968	0,0769	0,0769	0,0400	0,3783	8
MATERIAIS	0,1228	0,0968	0,0769	0,2308	0,1200	0,6473	13

Fonte: Elaborada pela autora

Após a obtenção do vetor máximo, calcula-se o índice de consistência através da fórmula 1, descrita no tópico 2.6.1. Verifica-se, em seguida, a consistência randômica dos dados segundo a fórmula 2, descrita também no tópico 2.6.1, que deve ser abaixo de 10%. Para matrizes com 5 categorias, o número para verificação é 1,12, conforme descrito na Tabela 2 (tópico 2.6.1). Esses resultados estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Exemplo: Demonstrativo de cálculos para verificação da consistência da resposta dos especialistas

Vetor máximo =	$(2,9684 \times 1,6286) + (0,6122 \times 10,3333) + (0,3938 \times 13) + (0,3783 \times 13) + (0,6473 \times 8,3333) =$ 5,3184
Índice de Consistência =	$(5,3184 - 5) / (5 - 1) =$ 0,0796
Consistência Randômica =	$0,0796 / 1,12 = 0,07108 \times 100\% =$ 7,1080% (abaixo de 10%)

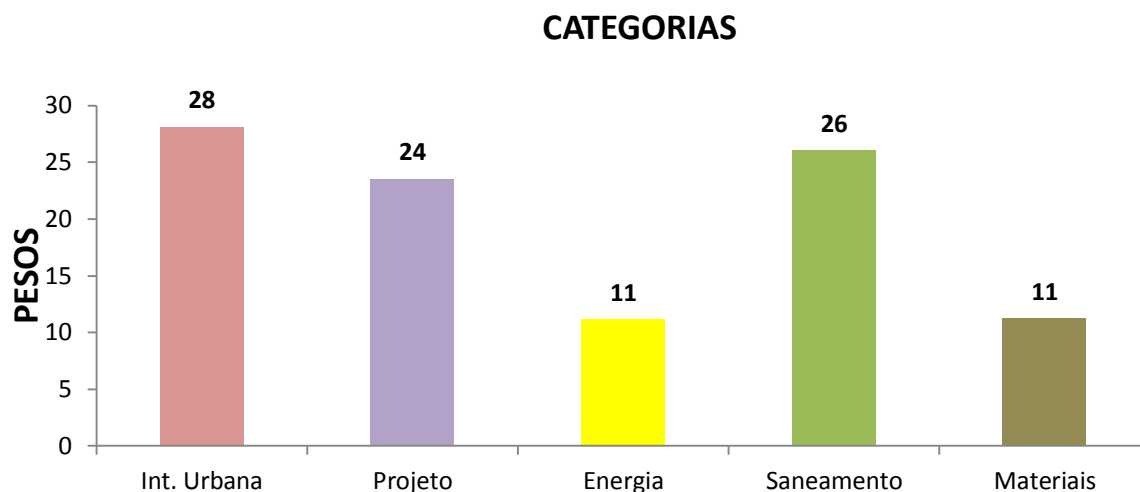
Fonte: Elaborada pela autora

Logo, a matriz utilizada como exemplo foi considerada consistente, pois a verificação de sua consistência ficou dentro do permitido: 7,1080%, abaixo dos 10% estabelecidos pela metodologia utilizada AHP.

Esse procedimento foi realizado para as 150 matrizes geradas a partir dos 25 questionários aplicados. Cada questionário gerou 6 matrizes, sendo uma para a definição dos pesos das categorias e as demais para definição dos pesos dos critérios de cada categoria (integração urbana, projeto, energia, saneamento e materiais).

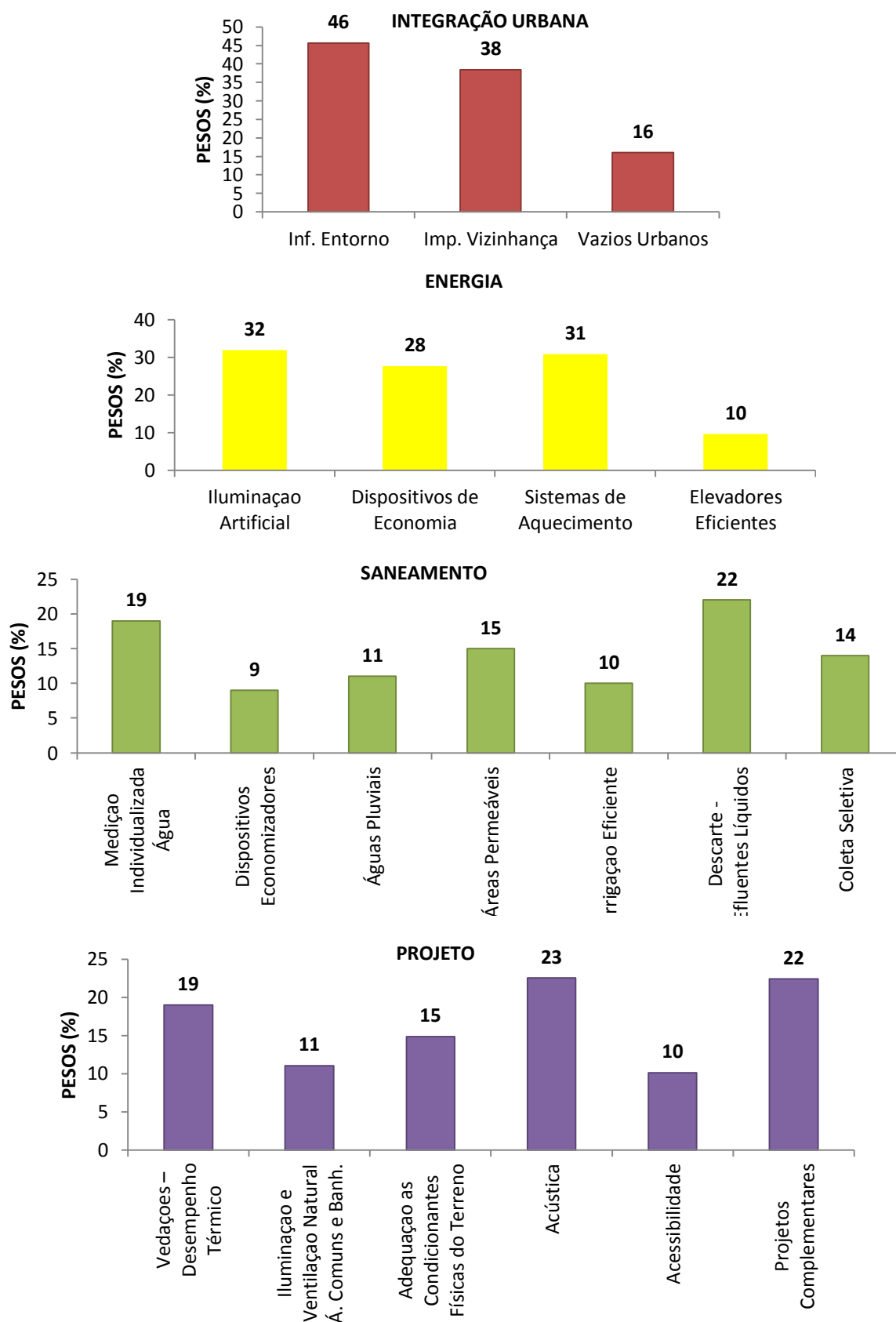
Após o cálculo de consistência das repostas dos especialistas, o aproveitamento das matrizes foi de 52,6%. Foi realizada a média aritmética dos pesos por categorias e critérios das matrizes validadas definindo-se os pesos (categorias e critérios) para a ferramenta proposta ASPRE conforme Figura 35 e Figura 36.

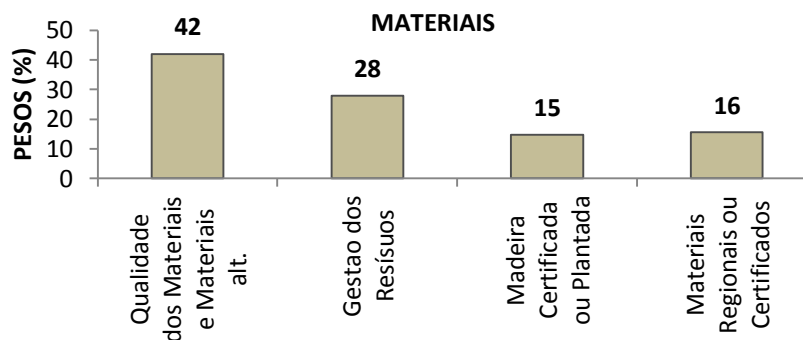
Figura 35 - Gráfico com pesos/pontuação definidos para as categorias da ferramenta proposta ASPRE totalizando 100 pontos



Fonte: Elaborada pela autora

Figura 36 - Gráficos: Pesos por critérios das respectivas categorias





Fonte: Elaborada pela autora

A pontuação varia com o grau de importância de cada categoria e critério para o local em estudo, segundo as respostas dos especialistas com a utilização da técnica AHP. Na Tabela 12 estão definidos, para a ferramenta proposta ASPRE, os critérios por categorias e sua respectiva pontuação.

Tabela 12 - Pesos dos critérios e categorias para as categorias da ferramenta proposta ASPRE

CATEGORIA	CRITÉRIOS	PESOS
Integração Urbana	Infraestrutura do entorno	13
	Impactos no entorno	11
	Vazios urbanos	4
	TOTAL	28
Projeto	Vedações – desempenho térmico	5
	Iluminação e ventilação natural áreas comuns e banheiros	2,5
	Adequação as condicionantes físicas do terreno	4
	Acústica	5,5
	Acessibilidade	2
	Projetos complementares	5
	TOTAL	24
Energia	Iluminação artificial	4
	Dispositivos de economia	3
	Sistemas de aquecimento	3
	Elevadores eficientes	1
	TOTAL	11
Saneamento	Medição individualizada água	5
	Dispositivos economizadores	2
	Águas Pluviais	3
	Áreas permeáveis	4
	Irrigação eficiente	2,5
	Descarte - efluentes líquidos	6
	Coleta seletiva	3,5
	TOTAL	26
Materiais	Qualidade materiais e componentes	3
	Gestão dos resíduos da construção civil	3
	Madeiras certificadas ou plantadas	2
	Materiais alternativos e/ou materiais regionais ou certificados	3
	TOTAL	11

Fonte: Elaborada pela autora

Para que os critérios na ASPRE sejam atingidos dentro de cada categoria, foram definidos requisitos a serem cumpridos. Tais requisitos baseiam-se nas recomendações projetuais definidas no tópico 3.1.2, acrescidas de tecnologias construtivas que fazem uso de produtos locais (OLIVEIRA; LIMA, 2016; CASTALDELLI et al, 2010; VASCONCELOS, 2010; SILVA, 2016; CELESTINO et al, 2014).

No Quadro 25 estão relacionados as categorias, seus critérios e requisitos propostos na ferramenta ASPRE.

Quadro 25 - Categorias, critérios e requisitos da metodologia proposta ASPRE

CATEGORIA	CRITÉRIOS	REQUISITOS	PONTUAÇÃO
Integração Urbana	Infraestrutura do entorno	Preferir locais com saneamento e acesso a transporte público. Verificar na proximidade dentro de um raio de 1km do terreno a existência de infraestrutura: • Rede de abastecimento de água potável; • Pavimentação; • Energia elétrica; • Iluminação pública; • Esgotamento sanitário em ETE da região; • Drenagem; • Uma linha de transporte público regular; • Equipamentos urbanos.	Cumprindo de 1 até 5 requisitos recebe 7 pontos; Cumprindo todos os requisitos recebe 13 pontos.
	Impactos no entorno	Fazer estudo para verificação do impacto da edificação proposta nas edificações vizinhas com relação à área de sombreamento e a captação dos ventos.	11
	Vazios urbanos	Utilizar terreno com infraestrutura já instalada em regiões que possuem vazios urbanos ou áreas possíveis de revitalização (bairros Centro e Jaraguá).	4

CATEGORIA	CRITÉRIOS	REQUISITOS	PONTUAÇÃO
Projeto	Vedações – desempenho térmico	Locar a edificação no terreno fazendo o melhor aproveitamento para a captação da ventilação e iluminação naturais. Aberturas grandes para ventilação em ambientes de maior permanência, área igual ou maior que 30% da área da fachada; Locar, sempre que possível, as aberturas nas fachadas leste, sudeste e nordeste (nessa ordem respectivamente), para que as mesmas permitam a captação da ventilação natural; Buscar a utilização da ventilação cruzada com a especificação de portas e janelas com bandeiras, especificar esquadrias com controle de ventilação (venezianas móveis); Fazer uso de dispositivos de sombreamento para evitar o aquecimento excessivo do ambiente – beirais, brises e cobogós; Fazer uso do resfriamento evaporativo com vegetação – paredes verdes, tetos jardins, utilizar pérgulas, pátios internos, sempre que possível	Cumprindo de 1 a 2 requisitos recebe 2 pontos; Cumprindo todos os requisitos recebe 5 pontos.
	Iluminação e ventilação natural áreas comuns e banheiros	Locar janela voltada para o exterior da edificação com área mínima de 8% da área do ambiente.	2,5
	Adequação as condicionantes físicas do terreno	Adaptar o projeto arquitetônico a topografia do terreno, sempre que possível.	4
	Acústica	Atender aos requisitos estipulados pela NBR 15575, para as unidades residenciais e áreas comuns, para os seguintes itens: 1- Instalações, equipamentos prediais e sistemas hidrossanitários; 2- Sistemas de pisos; 3- Sistemas de vedações verticais internas Paredes; 4- Sistemas de vedações verticais externas Fachadas.	Cumprindo o 1º e 2º requisitos recebe 2,5 pontos; Cumprindo todos os requisitos recebe 5,5 pontos.
	Acessibilidade	Prever o percentual mínimo de 3% de unidades habitacionais adaptadas.	2

CATEGORIA	CRITÉRIOS	REQUISITOS	PONTUAÇÃO
Projeto		Projetar de acordo com o desenho universal em edificações residenciais unifamiliares.	
	Projetos complementares	Elaborar projeto complementares juntamente com o projeto arquitetônico - Projeto integrado.	5
Energia	Iluminação artificial	Especificar lâmpadas de baixo consumo; Projetar a instalação de medidores individualizados em edificações multifamiliares.	2 pontos para cada requisito cumprido
	Dispositivos de economia	Utilizar racionalmente a energia na edificação – sensores de presença ou possuírem fotocélulas instaladas, interruptores paralelos.	3
	Sistemas de aquecimento	Projetar a instalação de sistema alternativo de energia; Sempre que possível fazer uso do sistema de gás natural para o aquecimento de água além de sua utilização em fogões e fornos.	3
	Elevadores eficientes	Especificar elevadores com sistema de controle inteligente de tráfego, ou outro sistema de melhor eficiência.	1
Saneamento	Medição individualizada água	Projetar a instalação de medidores individualizados em edificações multifamiliares.	5
	Dispositivos economizadores	Especificar vasos sanitários com duplo acionamento, torneiras e registros de pressão que sejam ou possuam sistemas economizadores.	2
	Águas Pluviais	Prever captação das águas pluviais e seu armazenamento para utilização na irrigação de jardins ou posterior infiltração de forma gradativa para evitar o encharcamento do solo.	3
	Áreas permeáveis	Deixar área verde superior em 10% a área exigida pelo Código de Obras e Urbanismo de Maceió/AL (MACEIÓ, 2007).	4
	Irrigação eficiente	Prever a utilização das redes de água separadas: uma para água potável e outra para água de reuso (quando houver a reutilização de águas cinzas e/ou pluviais para irrigação).	2,5
	Descarte - efluentes líquidos	Elaborar projeto com segregação de efluentes, realizando tratamento interno para reaproveitamento das águas cinzas e destinação das águas negras na rede coletora de esgoto ou tratamento com fossa séptica e sumidouro em locais da cidade que ainda não tenham o sistema de coleta e/ou;	

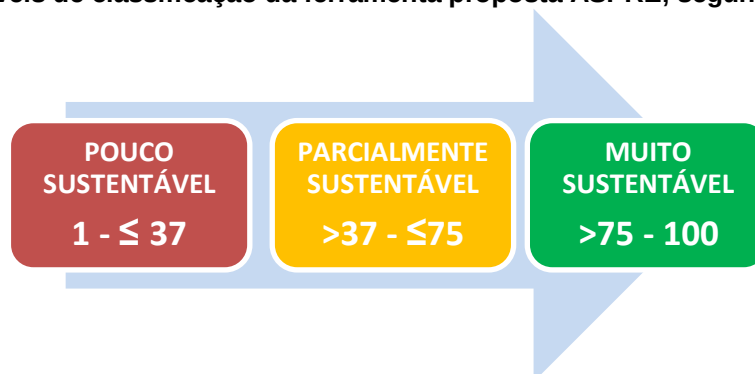
CATEGORIA	CRITÉRIOS	REQUISITOS	PONTUAÇÃO
Saneamento	Descarte - efluentes líquidos	Adotar sistema de tratamento para efluentes sanitários com eficiência maior que as fossas sépticas quando o terreno não estiver locado em área com o sistema de coleta de efluentes líquidos. Adoção de sistemas alternativos de tratamento com estudos científicos como os abaixo: Tratamento anaeróbio com casca de coco como meio suporte (REBÊLO, 2011); Casca de sururu no sistema de tratamento de efluentes (SILVA, 2009).	6
	Coleta seletiva	Prever área em projeto para a coleta seletiva dos resíduos sólidos.	3,5
Materiais	Qualidade materiais e componentes	Comprovar a utilização apenas de produtos fabricados por empresas classificadas como “qualificadas” pelo Ministério das Cidades, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) e/ ou os que possuam selo de certificação ambiental.	3
	Gestão dos resíduos da construção civil	Elaborar “Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC” para a obra.	3
	Materiais alternativos e/ou regionais	Fazer uso de materiais alternativos na construção civil com estudos científicos: Blocos de concreto com casca de sururu em sua composição (OLIVEIRA; LIMA, 2016). Concreto com adição de cinza do bagaço de cana-de-açúcar (CASTALDELLI et al, 2010; VASCONCELOS, 2010; SILVA, 2016). Cinza de bagaço da cana-de-açúcar (FERNANDES et al, 2015). Blocos de concreto produzidos com agregados de resíduos de construção e demolição (CELESTINO et al, 2014) Outros materiais com comprovação em estudos científicos. Especificar materiais produzidos na região da obra.	Cumprindo de até 2 requisitos recebe 1,5 ponto; Cumprindo mais de 2 requisitos recebe 3 pontos
	Madeiras certificadas ou plantadas	Utilizar madeiras plantadas de espécies exóticas ou madeiras certificadas.	2

Fonte: Elaborado pela autora

Para a aplicação da ferramenta ASPRE, deve-se avaliar o projeto residencial verificando o cumprimento dos requisitos propostos. Em seguida deve ser contabilizada a pontuação obtida para a averiguação do nível de sustentabilidade

alcançado. A classificação final da ASPRE foi obtida em parte através das respostas dos especialistas que definiram a gradação dos níveis. Foi feita a média aritmética da pontuação determinada por cada especialista e assim obtida a faixa classificatória informada na Figura 37.

Figura 37 - Níveis de classificação da ferramenta proposta ASPRE, segundo especialistas



Fonte: Elaborado pela autora

Com essa faixa classificatória, foi possível elaborar as sentenças de inferência do sistema *fuzzy* para a obtenção de uma classificação final mais fidedigna do nível de sustentabilidade projetual pela ferramenta ASPRE. A metodologia adotada pelo sistema de inferência *fuzzy* para a ASPRE está explicitada no tópico 3.2.6.

O resultado final para a ferramenta proposta ASPRE deve ser obtido através do sistema *fuzzy*. Após o somatório da pontuação alcançada pelo projeto avaliado, deve-se calcular o percentual alcançado dentro de cada categoria. Em seguida deve-se inserir os dados no sistema *fuzzy* no programa Matlab® e verificar a classificação final. Salienta-se que o sistema *fuzzy* indica o grau de pertinência de uma afirmação, e, por esse motivo, a classificação final consiste em um percentual de pertinência. No tópico 4.2.2 a seguir serão mostrados os resultados alcançados para o estudo de caso.

4.2.2 Aplicação ASPRE

O Quadro 26 mostra os resultados da aplicação da ferramenta proposta ASPRE no projeto arquitetônico estudo de caso. Para a aplicação faz-se o lista de

conferencia dos critérios que foram cumpridos dentro de cada categoria segundo o Quadro 25. Como não há critérios obrigatórios a serem cumpridos, o projeto pode ser avaliado mesmo sem ser elaborado com vistas à obtenção de uma certificação.

Quadro 26 - Categorias e critérios avaliados pela ferramenta proposta ASPRE para o projeto estudado

CATEGORIA	CRITÉRIOS	CUMPRIU	NÃO CUMPRIU	PONTUAÇÃO
Integração Urbana	Infraestrutura do entorno	X		13,0
	Impactos no entorno		X	
	Vazios urbanos		X	
Projeto	Vedações – desempenho térmico		X	
	Iluminação e ventilação natural áreas comuns e banheiros		X	
	Adequação as condicionantes físicas do terreno		X	
	Acústica		X	
	Acessibilidade		X	
	Projetos complementares		X	
Energia	Iluminação artificial		X	3,0
	Dispositivos de economia	X		
	Sistemas de aquecimento		X	
	Elevadores eficientes		X	
Saneamento	Medição individualizada água	X		5,0
	Dispositivos economizadores		X	
	Águas Pluviais		X	
	Áreas permeáveis		X	
	Irrigação eficiente		X	6,0
	Descarte - efluentes líquidos	X		
	Coleta seletiva	X		3,5
Materiais	Qualidade materiais e componentes	X		3,0
	Gestão dos resíduos da construção civil	X		3,0
	Madeiras certificadas ou plantadas	X		2,0
	Materiais alternativos e/ou regionais ou certificados		X	
TOTAL				38,5

Fonte: Elaborado pela autora

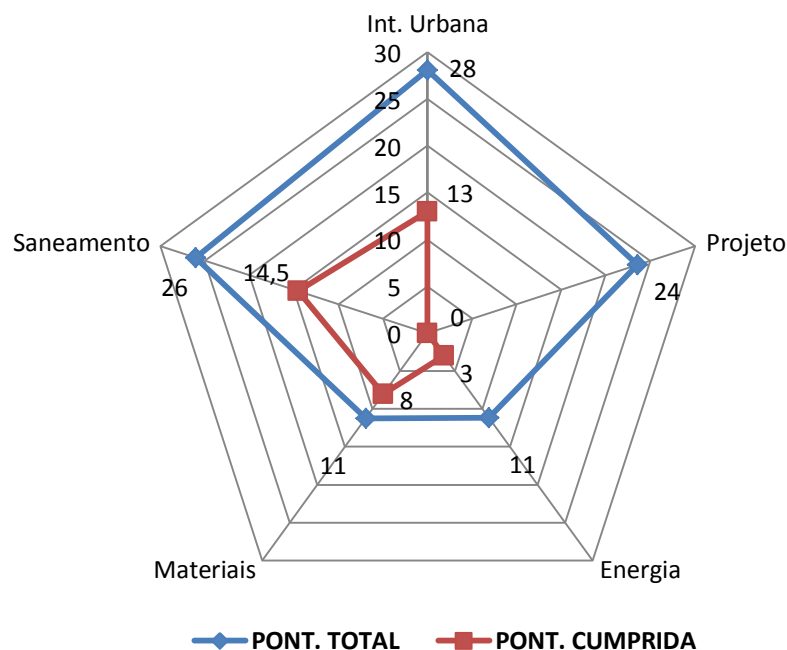
Dos 24 critérios existentes na ferramenta de avaliação do nível de sustentabilidade ambiental para projetos residenciais - ASPRE, 8 foram cumpridos pelo edifício residencial multifamiliar avaliado. Verifica-se que critérios prioritários, no âmbito da infraestrutura para a cidade em estudo foram cumpridos, como por exemplo os critérios descarte – efluentes líquidos e coleta seletiva. Esse fato

contribuiu para o aumento da pontuação final. Além disso, na categoria integração urbana, a localização do terreno colaborou para a alta pontuação no critério infraestrutura do entorno, já que o empreendimento está situado próximo a equipamentos urbanos, transporte público e em uma região já dotada de abastecimento de água e iluminação pública.

A pontuação final obtida foi de 38,5, possuindo um desempenho total (relação entre a quantidade de critérios total versus critérios cumpridos) de 32%.

Na Figura 38 visualiza-se o comportamento do projeto avaliado com a aplicação da ASPRE. A categoria Integração Urbana corresponde a 13% da pontuação total, e as categorias Energia e Materiais com 11% e 8%, respectivamente. A categoria saneamento foi a que obteve melhor desempenho sendo responsável por 14,5% da pontuação total. A categoria Projeto não teve nenhum critério cumprido. O objetivo dessa categoria é amenizar os desconfortos térmicos ocasionados pelo tipo de clima da cidade em estudo. Dessa forma as condicionantes projetuais climáticas definidas não foram contempladas no projeto estudo de caso.

Figura 38 - Gráfico grau de desempenho do projeto estudo de caso com a aplicação da ferramenta proposta ASPRE



Fonte: Elaborada pela autora

A pontuação obtida para a categoria Integração Urbana correspondeu a 46,43% da pontuação total para essa categoria. As categorias Energia e Projeto obtiveram percentuais de 27,27% e 0%, respectivamente. Saneamento correspondeu com 55,77% e Materiais com 72,73%. Constata-se aí a importância dada no estudo de caso para a infraestrutura e a preocupação com a origem/uso dos materiais, tendo em vista que a construtora faz parte do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H).

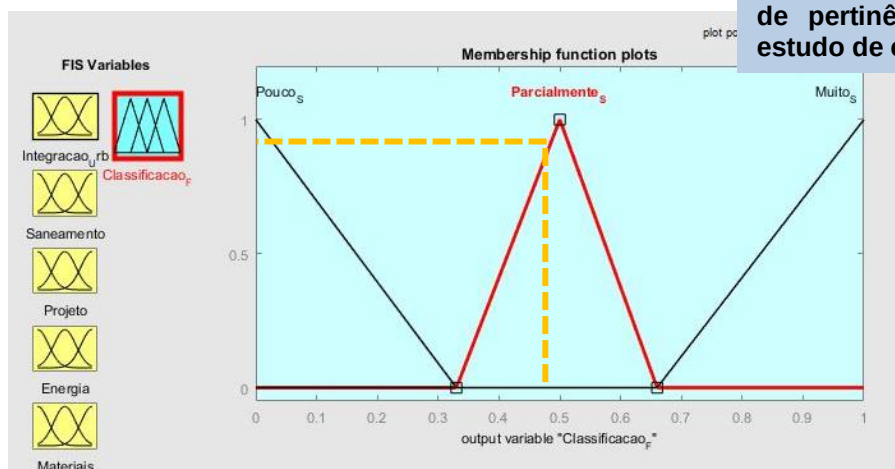
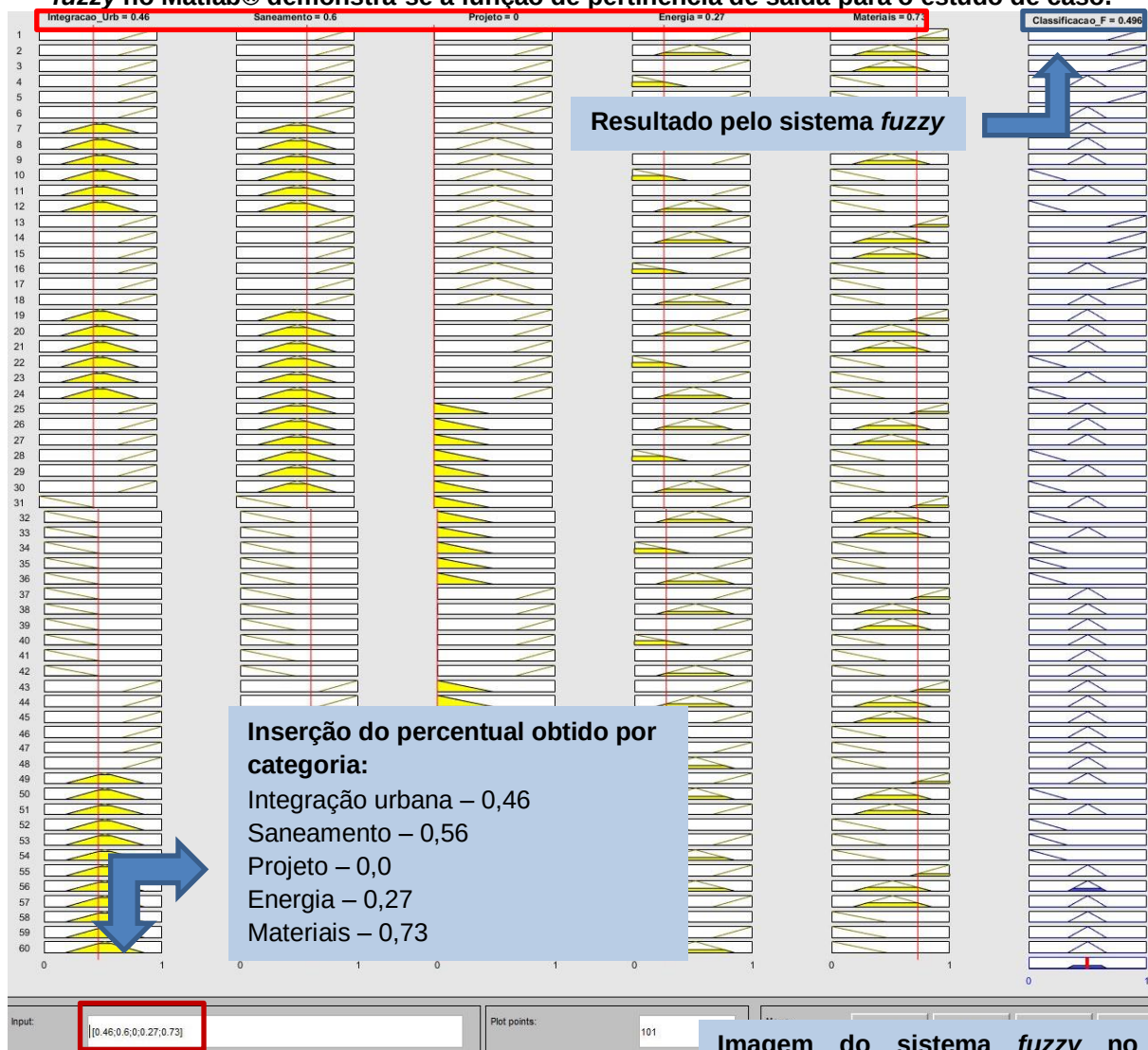
Percebe-se que apesar do projeto estudo de caso não ter sido elaborado com foco em alternativas sustentáveis ambientalmente, os autores buscaram soluções importantes para edificações localizadas em Maceió/AL no tocante ao saneamento e à integração urbana.

Ao inserir as pontuações em percentuais de cada categoria no sistema *fuzzy* segundo metodologia explicitada no item 3.2.6, obtém-se a classificação final do nível de sustentabilidade ambiental proposta pela ASPRE, determinando-se o nível de pertinência (%) da pontuação atingida dentro da faixa classificatória.

Para o estudo de caso, que obteve pontuação final de 38,5 pontos, a classificação final através do sistema de inferência *fuzzy* foi 97,64% parcialmente sustentável. Esse resultado demonstra que a ASPRE leva em consideração quais categorias foram melhor atendidas, neste caso as prioritárias para Maceió/AL (segundo técnica AHP) foram contempladas.

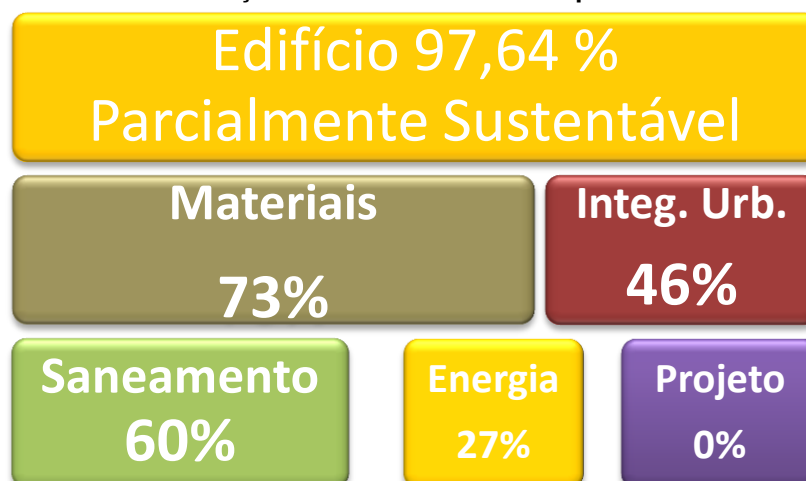
Através do sistema *fuzzy* elaborado para a ferramenta proposta ASPRE, obtém-se a pontuação em percentual alcançada por categoria e através do sistema de inferência Mamdani adotado obtém-se o resultado final. Para o estudo de caso o mesmo foi 0,496 (Figura 39). O sistema *fuzzy* permite informar quão verdadeira e/ou falsa tal informação é, e para isso verifica-se o resultado na função de pertinência de saída. O resultado foi próximo de 1, como pode ser observado na Figura 39. Esse resultado demonstra que o nível de sustentabilidade ambiental obtido é 97,64% parcialmente sustentável (Figura 40).

Figura 39 - Defuzzificação do sistema mostrando os resultados dentro das 60 regras elaboradas para a ASPRE. Em vermelho tem-se os resultados percentuais obtidos por cada categoria e em azul o resultado *fuzzy* para o estudo de caso. Na imagem do gráfico do sistema *fuzzy* no Matlab® demonstra-se a função de pertinência de saída para o estudo de caso.



Fonte: Adaptado de Matlab® 6.1

Figura 40 - Selo de classificação da ferramenta ASPRE para o edifício estudo de caso



Fonte: Elaborada pela autora

4.2.3 Simulações de resultados ASPRE no sistema *Fuzzy*

Para avaliar o sistema *fuzzy* com sua base de regras para a ferramenta ASPRE, foram estimadas e simuladas pontuações para as categorias.

Sabendo que, segundo os especialistas consultados, pontuações até 37% são consideradas baixas; de 38% a 75% médias e acima de 76% altas, a simulação A possui pontuação alta em todas as categorias; porém ressalta-se que esta é a pontuação mínima para a faixa alta - 76%. Desse modo, a classificação final foi de 7,94% muito sustentável.

A simulação B possui pontuação alta em 3 categorias, sendo esta a pontuação máxima de 100%, as outras 2 categorias possuem pontuação máxima para a faixa média - 75%, resultando em uma classificação final de 57,65% muito sustentável.

A simulação D possui pontuação alta em 4 categorias e média em apenas uma. Obteve o mesmo resultado da simulação B – 57,65%, parcialmente sustentável.

Comparando as simulações supracitadas, nota-se que o grau percentual de pertinência varia conforme a pontuação obtida por categoria e a que grupo pertence a mesma. Como explicitado no item 3.2.6, foram separadas as categorias em 2 grupos: o primeiro com as categorias Integração Urbana, Saneamento e Projeto; o

segundo grupo com as categorias Energia e Materiais. Com essa divisão foram criadas as bases das regras para a inferência no sistema *fuzzy*. Observando a simulação B e D, que obtiveram mesma classificação final, nota-se que a quantidade de categorias com valores altos não influencia demasiadamente e, sim, o grupo ao qual estão as categorias.

A simulação L, mesmo com todas suas categorias com pontuação máxima, possui classificação final de 67,65% muito sustentável. O motivo de não ser 100% é porque o sistema *fuzzy* possui um grau de fuzzificação (nesse caso, a função de pertinência triangular), que faz a introdução da incerteza, o que impede uma resposta de 100% na defuzzificação baseada no cálculo da mediana das áreas.

Para a simulação C, foram estimados resultados médios, sendo estes o nível mínimo para essa faixa – 38%. A classificação final foi de 37,06% parcialmente sustentável. A simulação E estimou 3 categorias com resultados mínimos médios (38%) e 2 categorias com resultados mínimos altos (76%), a classificação final foi de 12,94% parcialmente sustentável.

A simulação F traz 4 categorias com resultados altos e 1 com resultado baixo, possui a classificação final de 100% parcialmente sustentável. Porém ela já é 42,35% pertencente a classificação muito sustentável. O interessante nessa simulação é que essa peculiaridade só pode acontecer na classificação parcialmente sustentável, isso pode ser observado no gráfico de saída gerado.

As simulações com resultados pouco sustentáveis também possuem a peculiaridade de quanto menor é o percentual do resultado, melhor é a classificação. A simulação G possui todas as categorias com valores baixos alcançando uma classificação de 59,7% pouco sustentável. A simulação J possui 2 categorias com valores médios e as outras 3 com valores baixos e obteve a classificação final de 9,1% pouco sustentável.

A simulação H com 4 categorias com valores médios e 1 categoria com valor baixo ficou bem próxima do limite de transição entre as categorias pouco e parcialmente sustentável, obtendo a classificação final de 2,94%, parcialmente sustentável.

A simulação I possui 3 categorias com valoração baixa, sendo duas próximas do limite máximo e uma do limite mínimo. As outras 2 categorias com pontuação alta próximas do limite máximo. Essa simulação obteve uma classificação final de 97,64% parcialmente sustentável.

Por fim, a simulação K possui 2 categorias com valores médios e 3 categorias com valores baixos, obtendo a classificação final de 37,65% parcialmente sustentável. Essas simulações corroboram para que a classificação final sofra influência tanto da pontuação quanto da dependência em qual categoria/grupo está a pontuação mais alta.

Através da aplicação da ferramenta proposta ASPRE (utilizando as metodologias multicritérios AHP e *fuzzy*) nas simulações e no estudo de caso a mesma foi validada através da comparação dos resultados obtidos com a base de regras elaboradas no sistema de inferência *fuzzy*. Verificando-se a congruência entre ambos.

Na Tabela 13 demonstram-se os resultados estipulados por categoria para cada simulação, o resultado obtido e sua classificação final. Com o resultado através da lógica *fuzzy* é possível verificar o grau de pertinência da classificação final pela ferramenta proposta ASPRE.

Tabela 13 – Simulações com seus respectivos resultados no sistema *fuzzy* para a ASPRE

CATEGORIAS					RESULTADO <i>FUZZY</i>	SIMULAÇÃO/ CLASSIFICAÇÃO	
INTEG.URB.	SANEAM.	PROJ.	ENER.	MAT.			
0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,687	A	7,94% MS*
1,00	1,00	1,00	0,75	0,75	0,856	B	57,65% MS*
0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,393	C	37,06% PaS**
0,83	0,96	0,75	0,90	0,92	0,856	D	57,65% MS*
0,38	0,38	0,76	0,76	0,38	0,352	E	12,94% PaS**
1,00	0,69	0,29	1,00	0,55	0,572	F	100% PaS**
0,25	0,13	0,29	0,31	0,27	0,133	G	59,7% PoS***
0,32	0,31	0,33	1,00	0,27	0,335	H	2,94% PaS**
0,36	0,35	0,96	0,91	0,18	0,496	I	97,64% PaS**
0,39	0,35	0,33	0,73	0,18	0,3	J	9,1% PoS***
0,71	0,65	0,08	0,18	0,18	0,394	K	37,65% PaS**
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,89	L	67,65% MS*

Fonte: Elaborada pela autora

4.3 Análise comparativa entre os sistemas de certificação aplicados e a ferramenta proposta ASPRE

As categorias e critérios encontrados nas metodologias de avaliação das certificações estudadas são por vezes equivalentes. Oliveira (2014) verificou o mesmo ao analisar o Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) e o AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014) e afirmar que cada um deles possui uma característica própria, mas também possui critérios e indicadores similares.

Na Figura 41, podem-se observar as categorias com escopo semelhantes. Dessa forma demonstra-se que as categorias são as mesmas para os sistemas de avaliação de sustentabilidade ambiental para as construções, não havendo diferença por localidade, a diferença é perceptível na definição dos critérios e requisitos, através da valoração de seus respectivos pesos.

Figura 41 - Relação entre as categorias (com objetivos semelhantes) dos sistemas estudados: Aqua, Referencial GBC Brasil Casa e Selo Casa Azul Caixa. Sendo em cada retângulo a primeira categoria referente ao Selo Casa Azul Caixa, a segunda ao Referencial GBC Brasil e a terceira ao AQUA.



Fonte: Elaborado pela autora

O Quadro 27 relaciona as categorias e critérios dos três sistemas de certificação aplicados no estudo de caso. Critérios em negrito são aqueles considerados prioritários para a cidade estudada levando em consideração o que a literatura diz sobre sustentabilidade ambiental na construção civil e as condicionantes projetuais para edificações residenciais para o contexto estudado definidas no presente trabalho. Critérios em células de mesma cor possuem objetivos semelhantes, mesmo em categorias diferentes nos sistemas de certificação.

Como os sistemas de certificação estudados – Selo Casa Azul, AQUA e Referencial GBC Brasil Casa baseiam-se nas normas 15.220 (ABNT, 2005) e 15.575 (ABNT, 2013) para a definição de condições adequadas para o alcance de uma edificação mais confortável ambientalmente, percebe-se a não observância de todas as possibilidades da arquitetura bioclimática para a cidade de Maceió/AL, pois quanto à adoção de estratégias bioclimáticas para o projeto na zona bioclimática 8, segundo a norma de desempenho, há uma definição percentual de abertura para permitir ventilação, mas não são abordadas a necessidade de estratégias como ventilação cruzada e sombreamento, entre outras estratégias bioclimáticas (PASSOS, 2009).

O sistema de certificação AQUA é o único dentre os sistemas aplicados a informar que na zona bioclimática 8 deve ser prevista a ventilação cruzada. Porém não aborda outras estratégias e adota, assim como o Selo Casa Azul e o Referencial GBC Brasil Casa, as estratégias definidas pela NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Quadro 27 - Relação entre as categorias e critérios dos sistemas de certificação Selo Casa Azul, GBC Brasil Casa e AQUA

CATEGORIAS	CRITÉRIOS - SELO CASA AZUL	CRITÉRIOS - GBC BRASIL CASA	CRITÉRIOS AQUA
QUALIDADE URBANA/ IMPLANTAÇÃO/ RELAÇÃO DO EDIFÍCIO COM O ENTORNO/ CANTEIRO RESPONSÁVEL	Qualidade do Entorno - Infraestrutura	Controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da construção	Análise do local do empreendimento
	Qualidade do Entorno - Impactos	Orientação de Projeto – Carta Solar	Organização do terreno de modo a criar um ambiente agradável
	Melhorias no Entorno	Não utilizar Plantas Invasoras	Organização do terreno de modo a favorecer a eco mobilidade
	Recuperação de Áreas Degradadas	Desenvolvimento Urbano Certificado	Compromissos e objetivos do canteiro
	Reabilitação de Imóveis	Seleção do Terreno	Organização do canteiro
		Localização Preferencialmente Desenvolvida	Gestão dos resíduos de canteiro
		Infraestrutura de Água e Saneamento Básico	Limitação dos incômodos e da poluição no canteiro
		Proximidade a Recursos Comunitários e Transporte Público	Consideração de aspectos sociais no canteiro de obras
		Acesso a Espaço Aberto	
		Administração do Canteiro	
		Paisagismo	
		Redução de Ilha de Calor – Áreas de Piso e Cobertura	
		Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais – Quantidade	
		Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais – Qualidade	
		Controle de Pragas sem Produtos Tóxicos	
		Implantação Compacta	
GESTÃO DA ÁGUA/ USO RACIONAL DA ÁGUA/ GESTÃO DA ÁGUA	Medição Individualizada – Água	Uso Racional da Água – Básico	Medição do consumo de água
	Dispositivos Economizadores – Bacia Sanitária	Medição Única do Consumo de Água	Redução do consumo de água distribuída
	Dispositivos Economizadores – Arejadores	Uso Racional da Água – Otimizado	Necessidade de água quente
	Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão	Medição Setorizada do Consumo de Água	Gestão das águas servidas
	Aproveitamento de Águas Pluviais	Sistemas de Irrigação Eficiente	Gestão das águas pluviais
	Retenção de Águas Pluviais		
	Infiltração de Águas Pluviais		
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA/ ENERGIA E ATMOSFERA/ GESTÃO DA ENERGIA	Áreas Permeáveis		
	Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	Desempenho da Envoltória	Concepção térmica
	Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	Fontes de Aquecimento de Água Eficientes	Redução do consumo de energia para os sistemas de condicionamento de ar, ventilação e exaustão
	Sistema de Aquecimento Solar	Qualidade das Instalações Elétricas de Baixa Tensão	Energia térmica solar e/ou painéis fotovoltaicos
	Sistemas de Aquecimento à Gás	Iluminação Artificial	Desempenho do sistema para produção de água quente
	Medição Individualizada – Gás	Obter a etiqueta PBE Edifica	Iluminação artificial
	Elevadores Eficientes	Atender Nível A do PBE Edifica	Elevador (se existir)
	Eletrodomésticos Eficientes	Fontes Eficientes de Aquecimento Solar	Redução do consumo de energia dos demais equipamentos
	Fontes Alternativas de Energia	Iluminação Artificial – Otimizada	Controle do consumo de energia
		Gerenciamento do Gás Refrigerante Residencial	
		Equipamentos Eletroeletrônicos Eficientes	
		Energia Renovável	
		Comissionamento dos Sistemas Instalados	
		Desempenho energético aprimorado	
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS/ MATERIAIS E RECURSOS/ QUALIDADE DOS COMPONENTES/ GESTÃO DOS RESÍDUOS/ GESTÃO DA CONSERVAÇÃO E DA MANUTENÇÃO	Coordenação Modular	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção	Qualidade técnica dos materiais, produtos e equipamentos utilizados
	Qualidade de Materiais e Componentes	Madeira Legalizada	Qualidade ambiental dos materiais, produtos e equipamentos utilizados
	Componentes industrializados ou Pré-fabricados	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação	Qualidade sanitária dos materiais, produtos e equipamentos utilizados
	Formas e Escoras Reutilizáveis	Madeira Certificada	Revestimentos de piso (condomínios verticais)
	Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Materiais Ambientalmente Preferíveis	Revestimentos de piso (casas)
	Concreto com Dosagem Otimizada	Controle de Materiais Contaminantes	Escolher fabricantes de produtos e fornecedores de serviços que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva
	Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)	Materiais Certificados	Identificar e classificar a produção de resíduos de uso e operação com a finalidade de valorização
	Pavimentação com RCD	Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Sistemas Estruturais	Escolha do modo coletivo de estocagem dos resíduos
	Facilidade de Manutenção da Fachada	Desmontabilidade e Redução de Resíduos-Sistemas Não-estrutural	Reduzir a produção de resíduos e melhorar a triagem

CATEGORIAS	CRITÉRIOS - SELO CASA AZUL		CRITÉRIOS - GBC BRASIL CASA	CRITÉRIOS AQUA
PROJETO E CONFORTO/ QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA/ CONFORTO HIGROTÉRMICO/ CONFORTO ACÚSTICO/ CONFORTO VISUAL/ CONFORTO OLFATIVO/ QUALIDADE DOS ESPAÇOS	Madeira Plantada ou Certificada			Condições de armazenamento coletivo dos resíduos Remoção de resíduos independente do empreendimento (exigência a ser respeitada se o armazenamento dos resíduos for feito no recinto do empreendimento) Informações sobre a manutenção Controle do fluxo de água Manutenção da área de armazenamento de resíduos (se existente) Concepção de modo a assegurar uma manutenção eficiente dos outros Equipamentos Gestão técnica do edifício e sistemas de automação residencial
	Paisagismo	Controle de Emissão de Gases de Combustão		Implementação de medidas arquitetônicas para otimização do conforto higrotérmico de verão e inverno
	Flexibilidade de Projeto	Ventilação natural e Exaustão Localizada – Básica		Conforto em período de inverno
	Relação com a Vizinhaça	Conforto Ambiental Interno		Conforto em período de verão
	Solução Alternativa de Transporte	Controle de Umidade Local		Medida do nível de higrometria
	Local para Coleta Seletiva	Exaustão Localizada – Automatizada		Levarem conta a acústica nas disposições arquitetônicas
	Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos	Controle de Partículas Contaminantes		Qualidade acústica
	Desempenho Térmico – Vedações	Proteção de Poluentes Provenientes da Garagem		Contexto visual externo
	Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	Proteção ao Radônio – Áreas de grande risco		Iluminação natural
	Iluminação Natural de Áreas Comuns	Acústica		Iluminação artificial
INOVAÇÃO E PROJETO	Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros			Controle das fontes de odores desagradáveis Ventilação Qualidade sanitária dos espaços Equipamentos domésticos Segurança Acessibilidade e adaptabilidade do edifício
	Adequação às Condições Físicas do Terreno			
	Agenda do empreendimento	Projeto Integrado e Planejamento		
		Gerenciamento da Qualidade, visando a Durabilidade		
		Manual do Usuário		
		Declaração Ambiental de Produto		
		Inovação e Projeto		
		Prioridades Regionais: Norte		
		Prioridades Regionais: Nordeste		
		Prioridades Regionais: Sul		
CRÉDITOS REGIONAIS		Prioridades Regionais: Sudeste		
		Prioridades Regionais: Centro-Oeste		
CRITÉRIO BÔNUS	Consiste em itens de projeto não contemplados dentre os critérios do Selo e que contribuem para a sustentabilidade do projeto, desde que previamente aprovados pela CAIXA.			
QUALIDADE SANITÁRIA DO AR				Controlar as fontes de poluição externas Controlar as fontes de poluição internas Ventilação Medir a qualidade do ar
QUALIDADE SANITÁRIA DA ÁGUA				Qualidade da água Reduzir os riscos de legionelose e queimaduras
PRÁTICAS SOCIAIS/ REQUISITOS SOCIAIS	Não avaliado.			

Fonte: Elaborado pela autora

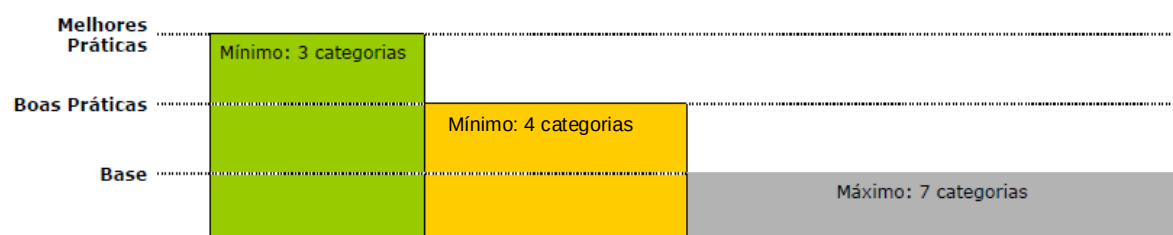
Os sistemas aqui aplicados possuem similaridade em suas categorias e critérios. Notam-se critérios com objetivos semelhantes em categorias diferentes. A diferença mais relevante entre os sistemas se dá na definição da pontuação por categorias, a qual consequentemente define os critérios prioritários de cumprimento para o local de inserção do edifício a ser avaliado.

A pontuação exigida pelos selos de certificação estudados foi citada no tópico 2.4. Ressalta-se que o sistema AQUA possui sistema diferenciado de cálculo do nível de sustentabilidade, atribuindo estrelas caso todos os requisitos de um critério tenham sido cumpridos. Em seguida, verifica os critérios atingidos dentro dos temas e a classificação final é definida pela combinação da quantidade de estrelas recebidas (Figura 42). Desse modo não é possível obter uma pontuação numérica para fins de comparação com os demais sistemas estudados.

Figura 42 - Metodologia de cálculo para o nível de certificação AQUA - quantidade de estrelas por categorias / temas

Temas	*	**	***	****
Energia e Economias Categorias: 4, 5 e 7	1 BP	1 MP + 1 BP	2 MP	2 MP + 1 BP
Conforto Categorias: 8, 9, 10 e 11	2 BP	1 MP + 2 BP	2 MP + 1 BP	3 MP + 1 BP
Saúde e segurança Categorias: 12, 13 e 14	1 BP	1 MP + 1 BP	1 MP + 2 BP	2 MP + 1 BP
Meio ambiente Categorias: 1, 2, 3 e 6	2 BP	1 MP + 2 BP	2 MP + 1 BP	3 MP + 1 BP

A atribuição do certificado está vinculada à obtenção de um perfil mínimo referente às 14 categorias

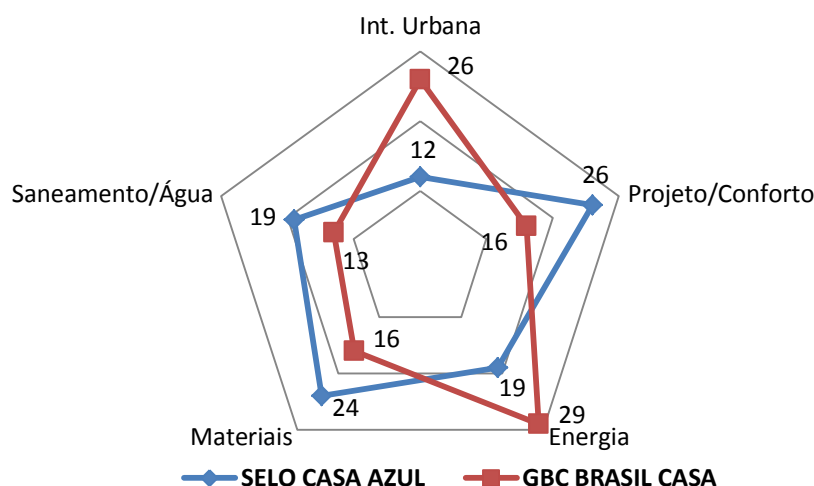


Fonte: Adaptado de Fundação Vanzolini (2014).

A comparação entre as pontuações dos sistemas Selo Casa Azul e Referencial GBC Brasil Casa (Figura 43), mostra uma maior preocupação do sistema Referencial GBC Brasil Casa com as categorias Eficiência Energética e Integração Urbana. Esta última refere-se a questões relacionadas à implantação da edificação, localização do terreno, a infraestrutura próxima. As relações terreno-cidade e terreno-construção são relevantes como ponto inicial para o alcance de um

projeto e conseqüentemente de uma edificação mais sustentável. É através dessa relação que se pode vislumbrar o melhor aproveitamento das condições naturais do local e buscar mitigar os impactos da obra na região.

Figura 43 - Gráfico dos pesos em percentual das categorias para os sistemas de certificação Selo Casa Azul e Referencial GBC Brasil Casa



Fonte: Elaborada pela autora

Sabe-se da importância pela busca de eficiência energética nas construções. Essa categoria demanda grande importância em países desenvolvidos, nos quais a maioria não possui fonte limpa de geração energia países em desenvolvimento, é relevante devido ao custo de aquisição da energia elétrica.

A categoria água deveria englobar, além da eficiência hídrica, questões referentes ao esgotamento sanitário, e deve ser considerada relevante principalmente em países em desenvolvimento. O Selo Casa Azul possui maior peso para as categorias Água, Materiais e Conforto. Ressalta-se que o sistema de tratamento para esgoto doméstico é mencionado sem maior ênfase no Selo Casa Azul, não tendo sido contemplado no Referencial GBC Brasil Casa. O sistema AQUA, aborda com mais profundidade critérios referentes ao saneamento.

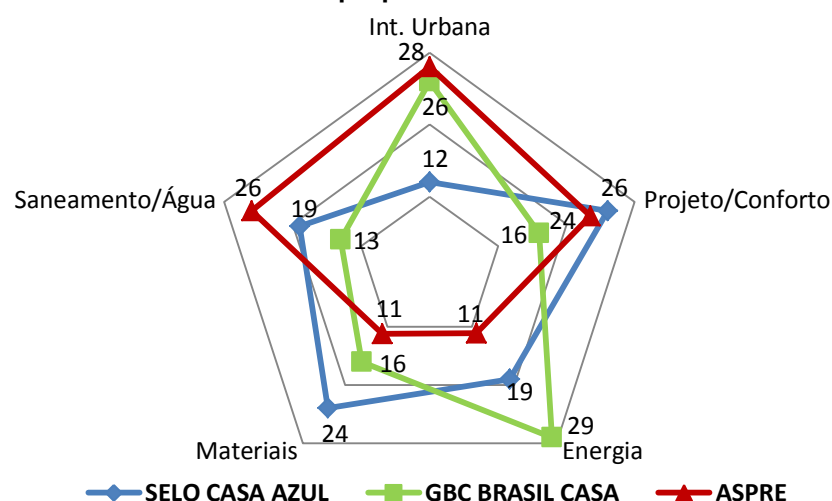
A categoria Conforto possui critérios referentes ao alcance de uma maior qualidade ambiental interna pensando-se no usuário da edificação. Nela são determinadas estratégias projetuais para o alcance do conforto térmico. Para a cidade em estudo Maceió/AL, a referida categoria possui relevância, pois através de estratégias bioclimáticas adotadas em projeto torna-se possível a amenização do

desconforto térmico existente em amplo período temporal em climas quentes e úmido.

A categoria Materiais refere-se à qualidade dos produtos utilizados e especificados na construção, visando a sustentabilidade como um processo cíclico e não apenas pontual.

Ao confrontar a pontuação dos sistemas estudados com a da ferramenta proposta ASPRE (Figura 44), percebe-se uma maior diferença na pontuação para as categorias Integração Urbana e Saneamento. O descarte de efluentes domésticos foi considerado no presente trabalho como prioritário para a cidade em estudo. As duas categorias supracitadas possuem critérios referentes à infraestrutura urbana instalada para os selos estudados e a ASPRE.

Figura 44 - Relação da pontuação por categorias entre os sistemas estudados e a ferramenta proposta



Fonte: Elaborada pela autora

Para a categoria Projeto, a exigência da ASPRE assemelha-se ao do Selo Casa Azul: ambos mais exigentes em relação ao Referencial GBC Brasil Casa. Nessa categoria estão definidos critérios e requisitos para o alcance de um projeto e construção mais confortáveis ambientalmente, buscando-se o aproveitamento das condições naturais de ventilação e iluminação.

Nota-se uma menor exigência da ASPRE em relação às categorias Materiais e Energia. Acredita-se que isso se deva ao fato da preferência dos especialistas em priorizar as categorias referentes à infraestrutura da cidade em estudo, já que são

tidas como as que possuem maiores problemas corroborando para o resultado dos condicionantes de infraestrutura definidos nesta tese.

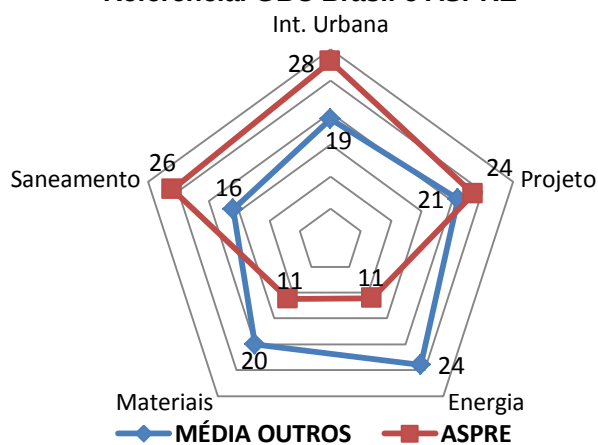
A Tabela 14 mostra a diferença média das pontuações das ferramentas de avaliação Selo Casa Azul e Referencial GBC Brasil Casa com a ferramenta de avaliação de sustentabilidade proposta – ASPRE. Pode-se ter melhor visualização das diferenças e semelhanças entre a pontuação média dos sistemas na Figura 45.

Tabela 14 - Comparação percentual entre pesos da ferramenta proposta ASPRE com os sistemas Selo Casa Azul e AQUA

FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO	INTEGRAÇÃO URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS
Selo Casa Azul	12	26	19	19	24
Referencial GBC	26	16	29	13	16
ASPRE	28	24	11	26	11
MÉDIA	22	22	19,66	19,33	17
Diferença ASPRE	+6	+2	-8,66	+6,67	-6

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 45 - Diferença entre a média percentual dos pesos dos sistemas Selo Casa Azul, Referencial GBC Brasil e ASPRE



Fonte: Elaborada pela autora

Nota-se que a ferramenta proposta ASPRE prioriza questões referentes à integração urbana, saneamento e projeto, possuindo 6,67 pontos percentuais a mais para a categoria de saneamento, 6 pontos percentuais a mais para a categoria integração urbana. Na categoria Projeto, assemelha-se com os sistemas de certificação avaliados, possuindo apenas 2 pontos percentuais a mais da média. As categorias Materiais e Energia possuem valores abaixo da média atribuída pelos demais selos. Ressalta-se que a pontuação dos pesos para a ASPRE foi atribuída pelos especialistas através da técnica AHP.

Avaliando-se a aplicação dos sistemas estudados no estudo de caso, verificou-se que o projeto do edifício analisado não conseguiu atingir as condições mínimas exigidas em nenhuma das três certificações, pois não cumpriu parte dos requisitos obrigatórios como área de abertura de ambientes de permanência prolongada (menor, em alguns casos, que 8% da área do piso); proteção para sombreamento; implantação no terreno de acordo com orientação ao sol e ventos, controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da construção.

Caso não houvesse critérios obrigatórios nos sistemas de certificação aplicados (Selo Casa Azul Caixa e Referencial GBC Brasil Casa), o estudo de caso teria atingido a pontuação 14 no sistema de certificação Selo casa Azul, já que cumpriu 14 critérios referentes aos 42 avaliados, obtendo um desempenho geral de 33,33%. Mesmo sem observar os 15 critérios obrigatórios exigidos, essa pontuação não permite a classificação mínima – BRONZE, pois para a mesma é necessário o cumprimento de no mínimo 15 critérios (sendo estes obrigatórios).

Para o sistema de certificação Referencial GBC Brasil Casa, sem considerar os critérios obrigatórios, o estudo de caso teria atingido a pontuação 11, com o cumprimento de 6 critérios (não obrigatórios) referentes aos 40 critérios não obrigatórios avaliados, obtendo um desempenho geral de 15%. Ressalta-se que 9 pontos dos 11 alcançadas advieram da categoria implantação que ressalta a relação do terreno da edificação com a cidade.

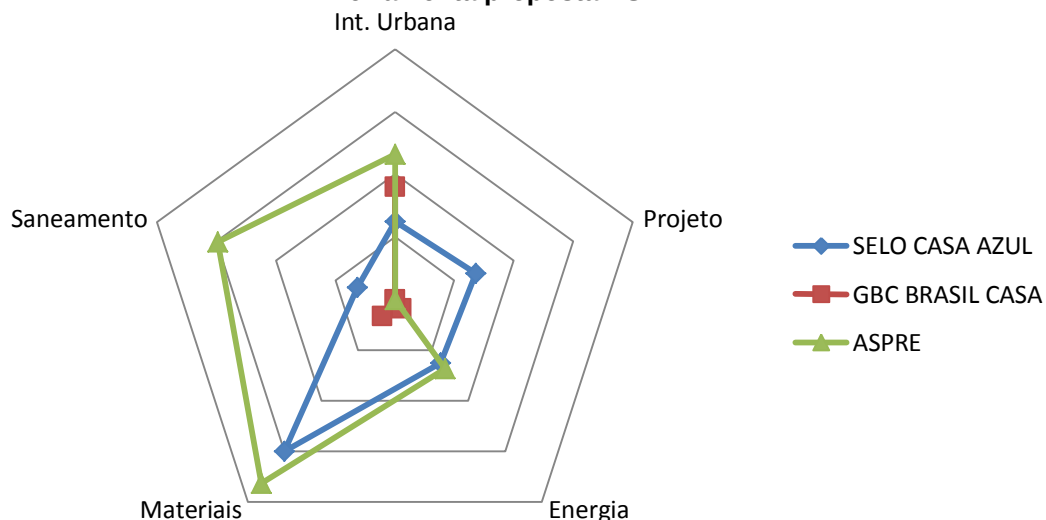
Essa pontuação do Referencial GBC Brasil Casa também não permite a classificação mínima – VERDE, pois para a mesma é necessário o alcance de no mínimo 40 pontos, englobando os 13 critérios obrigatórios.

Com relação ao sistema de certificação AQUA, salienta-se que não existe pontuação definida para os critérios obrigatórios. Como já explicitado anteriormente, não foi possível contabilizar uma pontuação, já que não foi cumprido nenhum critério em sua totalidade.

Aplicando a ferramenta proposta ASPRE, verificou-se o cumprimento de 8 critérios de um total de 25, alcançando a pontuação 38,5, obtendo um desempenho geral de 32%, um pouco abaixo do resultado obtido no Selo Casa Azul e acima do obtido no Referencial GBC Brasil Casa. Esse dado não demonstra a eficácia projetual em sustentabilidade ambiental dos sistemas avaliados para a cidade em estudo, apenas relaciona a quantidade de: critérios exigidos x critérios cumpridos.

Na Figura 46 pode-se observar o desempenho obtido por categorias dos sistemas aqui avaliados e o da ferramenta proposta ASPRE. Nota-se um maior desempenho na ASPRE em todas as categorias, excetuando-se a categoria Projeto na qual não houve nenhum critério cumprido.

Figura 46 - Gráfico com desempenho percentual por categorias dos sistemas estudados e da ferramenta proposta ASPRE



Fonte: Elaborada pela autora

Ainda sobre a Figura 46 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, nota-se uma grande diferença percentual na categoria Saneamento da ferramenta ASPRE para os demais sistemas avaliados, visto que essa categoria, na hierarquização definida, tem a segunda maior pontuação dentre as categorias da ASPRE, demonstrando a priorização da infraestrutura, especificamente com relação ao saneamento na cidade. Como já explicitado no tópico 4.2.1, o estudo de caso possui soluções projetuais com vista à resolução de critérios dentro dessa categoria, e desse modo conseguiu um bom desempenho na mesma.

A aplicação dos selos Referencial GBC Brasil Casa, Selo Casa Azul Caixa e AQUA para o caso estudado mostrou, enfim, que projetos desenvolvidos, sobretudo dentro das práticas convencionais da construção não alcançam o nível mínimo para obter uma certificação da construção sustentável ambientalmente, pois não cumprem critérios considerados obrigatórios e atingem uma pontuação abaixo da mínima para o alcance de um selo.

A aplicação da ferramenta proposta ASPRE comprovou que pode-se obter uma avaliação do nível de sustentabilidade ambiental para projetos residenciais, o estudo de caso é considerado um projeto parcialmente sustentável para a cidade em estudo e possui desempenho de 46,43% para integração urbana e de 55,77% para saneamento, tendo sido essas as duas categorias hierarquizadas como prioritárias para a cidade de Maceió/AL pela ferramenta proposta ASPRE.

Enfatiza-se que as desvantagens encontradas nos sistemas de certificações estudados são mitigadas com a ferramenta proposta ASPRE, pois a mesma prevê o uso de soluções bioclimáticas mais específicas para a cidade de Maceió/AL. Aberturas grandes para ventilação em ambientes de maior permanência, área igual ou maior que 30% da área da fachada, aberturas nas fachadas leste, sudeste e nordeste (nessa ordem respectivamente), para que as mesmas permitam a captação da ventilação natural; resfriamento evaporativo com vegetação – paredes verdes, tetos jardins, utilização de pérgulas, pátios internos, são algumas dessas soluções.

Além disso, possui abordagem mais incisiva para a categoria saneamento, incluindo novos requisitos: projeto com segregação de efluentes, realizando tratamento interno para reaproveitamento das águas cinzas e destinação das águas negras na rede coletora de esgoto ou tratamento com fossa séptica e sumidouro em locais da cidade que ainda não tenham o sistema de coleta; sistema de tratamento com a utilização de resíduos fruto de processos locais, conferindo maior sustentabilidade ambiental, de acordo com estudos científicos realizados por Rebêlo (2011) com casca de coco como meio suporte e Silva (2009) no tratamento de efluentes com casca de sururu.

Verifica-se que a diferença no peso das categorias é o fator crucial de adaptação de uma ferramenta de avaliação para um local específico. É necessária a definição de quais categorias são prioritárias para a cidade. A ferramenta proposta ASPRE baseia-se na definição de suas categorias, critérios e requisitos de acordo com as existentes dentre os sistemas de certificação estudados.

Para os critérios e requisitos também se considera o levantamento das condicionantes projetuais para cidade de Maceió/AL (climáticas e de infraestrutura) definidas no presente trabalho. O peso das categorias e dos critérios define-se com o uso da técnica AHP, através do conhecimento de especialistas. A classificação final é realizada através do sistema inferência *fuzzy*, o qual trabalha com as incertezas dos julgamentos humanos.

Salienta-se que a ferramenta proposta não é um sistema de certificação e sim um método de avaliação do nível de sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió/AL.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento referente à temática do desenvolvimento sustentável e suas derivações é relevante para a definição de conceitos pertinentes à área do trabalho, visto que é uma temática abrangente com opiniões diferenciadas na literatura. Apresentaram-se nesta tese algumas definições de sustentabilidade ambiental nas construções e os meios de avaliação do nível de sustentabilidade para as construções existentes.

Os sistemas de certificação para as construções são importantes ferramentas que ajudam a mensurar o nível de sustentabilidade projetual, além de fornecer diretrizes para o local de inserção do edifício. Algumas cidades brasileiras já notaram essa importância e criaram seus próprios sistemas, porém ainda sem a obrigatoriedade de adesão, apenas oferecendo benefícios fiscais. Através de exemplos internacionais, nota-se que esses sistemas poderiam ser facilmente inseridos nos códigos de obras das cidades, fomentando a prática de construções mais sustentáveis e contribuindo no ato de projetar dos profissionais da área.

O objetivo geral do trabalho foi cumprido ao desenvolver-se procedimento metodológico para avaliação do nível de sustentabilidade ambiental em projetos de edificações residenciais para a cidade de Maceió/AL. Foram elencados aspectos importantes relacionados à sustentabilidade ambiental para a avaliação de projetos residenciais no contexto estudado e definidos condicionantes projetuais para a cidade de Maceió/AL referentes às condições climáticas e de infraestrutura urbana.

Em seguida foram hierarquizados as categorias e critérios definidos para a cidade em estudo com a metodologia de análise multicriterial AHP - Analytic Hierarchy Process. Após essa etapa, através da lógica *fuzzy*, foram obtidos indicadores quantitativos e classificatórios de sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió/AL.

Os tópicos do referencial teórico atendem os dois primeiros objetivos específicos. Foram definidos conceitos pertinentes no âmbito da sustentabilidade ambiental na construção civil e elencados aspectos relevantes para a sustentabilidade ambiental nas construções residenciais em Maceió/AL. A partir desse levantamento, foi possível definir condicionantes projetuais com foco nas características climáticas e de infraestrutura da cidade em estudo.

Além disso, houve o conhecimento das metodologias de análise multicritérios utilizadas nesta tese (AHP e lógica *fuzzy*), sendo possível assim o cumprimento do terceiro e quarto objetivos específicos desta tese. A ferramenta proposta ASPRE tem os seus alicerces nas técnicas supracitados, sendo estas utilizadas em vários trabalhos das mais diversas áreas de conhecimento. A abordagem proposta consiste na união das referidas técnicas.

A metodologia de análise multicriterial (AHP) foi utilizada para a obtenção da hierarquização das categorias e critérios da ASPRE, possibilitando alcance de uma ferramenta balizada com as prioridades da cidade em estudo. A AHP permitiu a obtenção de um processo mais objetivo, através de técnicas quantitativas.

A lógica *fuzzy* possibilitou a determinação do grau de pertinência da classificação obtida com a ferramenta proposta. O método proposto neste trabalho constitui uma abordagem considerada inovadora para o contexto estudado, ao permitir a combinação do método AHP e a lógica *fuzzy* em avaliação de projetos com vistas a uma avaliação do nível de sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió/AL.

A diferença da ASPRE, ferramenta de avaliação proposta nesta tese, para os sistemas de certificação estudados: Selo Casa Azul (CAIXA, 2010), Referencial GBC Brasil Casa (GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2014) e AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014), é o enfoque dado às características climáticas e de infraestrutura urbana da cidade em estudo Maceió/AL, perceptível na valoração dos pesos das categorias e critérios, determinados através de suas hierarquizações, além da obtenção de uma classificação final mais quantitativa determinando-se o nível de pertinência (%) da pontuação atingida dentro da faixa classificatória.

O procedimento metodológico adotado no presente trabalho mostrou-se eficiente para a adaptação das ferramentas estudadas para a proposição de uma nova ferramenta de avaliação do nível de sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió/AL, visto que a obtenção da hierarquização das categorias e critérios propostos através da metodologia multicriterial AHP, mostrou-se adequada com as condicionantes climáticas e de infraestrutura da cidade em estudo.

Categorias e critérios existentes nos sistemas de certificações estudados (AQUA, Selo Casa Azul Caixa e Referencial GBC Brasil Casa) tornam-se diferenciados na ASPRE (ferramenta de avaliação do nível de sustentabilidade ambiental para projetos residenciais em Maceió/AL) através de seus requisitos e da

valoração de seus pesos. Na ferramenta proposta, a adoção do critério “projetos complementares”, dentro da categoria Projeto, que trata da elaboração do projeto integrado da edificação com base no conceito explicitado na tese é um elemento novo que busca a elaboração do projeto de forma mais sustentável.

Buscou-se na proposição da ferramenta ASPRE a priorização das estratégias bioclimáticas utilizando a definição para o tamanho das aberturas definida em trabalho recente de Tibúrcio (2018), indicando como características importantes o sombreamento e o resfriamento. Além disso, colocam-se como requisitos a ventilação cruzada, a observação da melhor fachada para a locação das aberturas, entre outros aspectos. Tais requisitos são observados dentro do critério “vedações – desempenho térmico” sendo, desse modo, requisitos distintos dos encontrados nos sistemas estudados, pois são específicos para regiões de clima quente e úmido de baixa latitude como Maceió/AL.

Dentro da categoria “saneamento”, os requisitos para o critério “descarte de efluentes líquidos” proposto na ASPRE, sugere a segregação de efluentes e reúso das águas cinzas e pluviais. Também visando atender aos critérios prioritários de Maceió/AL, foi criado o critério “irrigação eficiente”, sugerindo o uso de água não potável para esse fim. O critério “águas pluviais” potencializa o que é indicado nos sistemas estudados, visto que a drenagem urbana é um problema considerado prioritário na cidade de Maceió/AL.

Dessa forma, a ferramenta proposta ASPRE priorizou as condicionantes projetuais da cidade em estudo, através da opinião de especialistas, transformando um conhecimento subjetivo em quantitativo. Os requisitos constantes na proposição da ferramenta podem servir, de forma prática, para orientação de projetistas a fim de que os mesmos projetem de maneira mais sustentável.

Com a aplicação da ferramenta proposta ASPRE no estudo de caso, comprova-se que projetos residenciais na cidade em estudo podem obter um nível de qualificação da sustentabilidade ambiental obtendo-se uma classificação quantitativa, validando assim a primeira hipótese desta tese. Sua pontuação estará condicionada à hierarquização dos critérios e consequentemente às categorias de maior relevância para a cidade de Maceió/AL, mesmo que alguma categoria não possua critérios atendidos. Seu resultado determina o percentual de pertinência do projeto avaliado na classificação obtida.

O resultado da avaliação entre os dois sistemas de certificação comparados (Selo Casa Azul Caixa e Referencial GBC Brasil Casa) e a ASPRE demonstra a importância de uma ferramenta específica para o local de implantação da edificação, que não seja um sistema de certificação com critérios obrigatórios, para que possa auxiliar projetistas com diretrizes projetuais mais sustentáveis.

Nesse trabalho, a aplicação da ferramenta proposta ASPRE no estudo de caso demonstrou que o projeto é parcialmente sustentável, possuindo um bom desempenho nas duas categorias com maior peso para o contexto estudado: integração urbana e saneamento, confirmando, dessa forma, a segunda hipótese desta tese: a de que a utilização de sistemas de certificação ambiental, mesmo que elaborados para o contexto brasileiro, sem, no entanto, ter uma adaptação para a cidade de sua aplicação, pode levar a uma classificação insuficiente e/ou equivocada do nível de sustentabilidade em projetos de edifícios residenciais, sendo necessária assim, a adaptação dos sistemas de certificações para o nível das cidades.

A classificação (pouco sustentável, parcialmente sustentável e muito sustentável) da ferramenta proposta ASPRE para a elaboração de projetos residenciais mais sustentáveis ambientalmente voltados para o contexto da cidade estudada também pode ser utilizada como incentivo à construção de normativos legais, através de sua inserção na legislação específica de diretrizes construtivas – o código de obras; e benefícios fiscais através da relação entre o nível de sustentabilidade projetual alcançado e desconto concedido no IPTU, por exemplo.

Salienta-se que a ASPRE não é um novo sistema de certificação e sim uma ferramenta adaptada para as características climáticas e de infraestrutura do contexto estudado, permitindo que projetistas realizem uma avaliação do nível de sustentabilidade ambiental de projetos residenciais, mesmo que os mesmos tenham sido elaborados sem o intuito de uma certificação.

Como limitações do presente trabalho, tem-se que não foi possível a aplicação da ASPRE em projeto de edificação residencial certificado pelo Selo Casa Azul Caixa e/ou Referencial GBC Brasil Casa na cidade em estudo para avaliação comparativa com o estudo de caso, já que não existe ainda projeto na cidade de Maceió/AL certificado pelos sistemas supracitados, o que mostraria a diferença ou semelhança classificatória.

Sugere-se, como aperfeiçoamento da ferramenta ASPRE, a exigência de pontuação do projeto em todas as categorias propostas, como requisito obrigatório para a avaliação, e de forma a abranger todo o âmbito da sustentabilidade. Além disso, salienta-se a importância da adequação prévia dos projetos a serem avaliados às exigências das leis e normas pertinentes, sendo essa observância obrigatória para a avaliação de sustentabilidade ambiental de um projeto residencial pela ASPRE.

Para trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de um *software* com plataforma livre que contenha as categorias, os critérios e seus requisitos e que ao término de seu preenchimento do que foi cumprido, realize o cálculo de classificação final da ASPRE através do sistema de inferência *fuzzy* utilizado nesta tese.

REFERÊNCIAS

- ALAGOAS. **Resenha Estatística do Estado de Alagoas 2010-2014**. V.17. 2016. Disponível em: <http://dados.al.gov.br/dataset/19006a46-4d74-4bf0-931d-ecdaad0c7a73/resource/8e28b4ad-4512-46d8-84db-86f45f44f938/download/resenha20102014final21.06.2016.pdf>> Acesso em: 21 marc. 2018.
- ALMEIDA, A.; SOUZA, A.; BRAZ, H. D. M.; IEEE, F.M.P.; BRAZ, H. Planejamento de Reguladores de Tensão em Redes de Distribuição via Algoritmos Genéticos e Lógica Fuzzy. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228778271_Planejamento_de_Reguladores_de_Tensao_em_Redes_de_Distribuicao_via_Algoritmos_Geneticos_e_Logica_Fuzzy. Acesso em: 35/03/2018, às 10:27h.
- AMENDOLA, M., SOUZA, A. D., & BARROS, L. C. (2005). Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5. *FEAGRI & IMECC/UNICAMP*, 1-44.
- ARAÚJO JÚNIOR, J. M. **Técnicas de Inteligência Artificial para a Geração Dinâmica de Set Points para uma Coluna de Destilação**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- ASSIS JÚNIOR, J. D. C. **Análise e Reprojetos de Empreendimentos Financiados pelo Programa Minha Casa, Minha Vida Considerando a Técnica da Coordenação Modular**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220: Desempenho térmico para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **ABNT NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações. Parte 3 Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **ABNT NBR 15.575: Edificações Habitacionais — Desempenho.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. **ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Rio de Janeiro, 2015.

ACCIOLY, L. F. P. **A influência da certificação ambiental aqua-hqe no processo de projeto:** estudo de caso em edifício residencial em Maceió, AL. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, 2017.

ACSELRAD, H.; LEROY, J. P. Novas premissas da sustentabilidade democrática. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, 1, 1999.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Standard Practice for Applying Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Building Systems. **ASTM E-1765- 11.** West Conshohocken, 2011.

AMORIM, A. C.; CARLO, J. C. Análise das propostas de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro: estudo de caso de Colatina, ES. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 373-391, 2017.

ANTP. Associação Nacional de Transportes Públicos (2014). **Relatório 2012 - Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da ANTP.** 2014.

ARACAJU. **Lei complementar nº 03 de 06 de outubro de 2000.** Institui o Código de Obras e edificações de Aracaju e dá outras providências. Aracaju, SE. 06 de outubro de 2000.

ASSIS JÚNIOR, J. D. C. **Exercício da aplicação da coordenação modular no projeto das tipologias do Programa Minha Casa Minha Vida na cidade de Maceió-AL.** Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, 2014.

AUGÉ, M. **Por uma antropologia da mobilidade.** EDUFAL; UNESP. Maceió, 2010.

AZEVEDO, N. J. D.; SILVA, J.J. R.; SOBRAL, M. C. M.; SILVA, P. M. W. M. R. Uma ferramenta da gestão da qualidade como indicativo da sustentabilidade da habitação

popular– pesquisa de satisfação do usuário. . In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, 13, 2006. **Anais...** Bauru, SIMPEP, 2006.

BAHIA, S. R. **Elaboração e atualização do código de obras e edificações**. 2 ed, IBAM/DUMA, ELETROBRAS/PROCEL, Rio de Janeiro, 2012.

BANSAL S.; BISWAS, S.; SINGH, S.K. Fuzzy decision approach for selection of most suitable construction method of Green Buildings. **International Journal of Sustainable Built Environment**, v. 6, p. 122-132, 2017.

BARBOSA, W. P. F.; AZEVEDO, A. C. S. d.; COSTA, A. L; PINHEIRO, R. B. O Uso da Análise Hierárquica como Auxílio na Tomada de Decisão de Políticas Públicas em Energia Solar Considerando Aspectos de Sustentabilidade. **Anais...** V Congresso Brasileiro de Energia Solar, Recife, 2014.

BARROS, L. C., & BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática**. Grupo de Biomatemática, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (IMECC), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2010.

BARROS, M. C.; BASTOS, N. F. A. **Edificações sustentáveis e certificações ambientais – análise do Selo Qualiverde**. Trabalho final de Graduação. Faculdade de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

BINNEMARS, S.; HALMAN, J.I.M.; DURMISEVIC, E. **Development of a Decision Support Model for Determining Building Life Cycle Strategies in the Netherlands**. Conference Proceedings of CIB W115 Green Design Conference. 2012.

BOGO, A. J. Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575. **HOLOS**, ano 32, v 7, p. 290-298, 2016.

BOTELHO, W. C. **Sustentabilidade de empreendimentos habitacionais populares: desenvolvimento de uma ferramenta de análise**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Faculdade de Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, São Paulo, 2013.

BRAGANÇA, L.; MATEUS, R.; KOUKKARI H. Building Sustainability Assessment. **Sustainability**, v. 2, p. 2010-2023, 2010.

BRASIL. **Constituição** (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

_____. MINHA CASA MINHA VIDA I. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nos 4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória no 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 44, de 13 de fevereiro de 2008. Comitê Gestor Nacional de Produção e Consumo Sustentável, **Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis - Versão Para Consulta Pública**. Set. 2010.

_____. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº18, de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. Lei 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União, seção**, v. 1.

BUENO, C. Análise dos sistemas de certificação ambiental de edifícios residenciais no contexto brasileiro. **Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo IAU-USP. São Paulo, 2013.

CABRAL, M. I. M. R. de M. **A Certificação Ambiental de Edifícios em Portugal: O caso da reabilitação da arquitetura vernácula em áreas protegidas**. 2009. Tese (Doutorado em Arquitetura), Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitetura de Lisboa, Lisboa, 2009.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Selo Casa Azul**: Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Páginas e Letras–Editora e Gráfica, 2010.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. 2012. **press release**. Disponível em <http://www1.caixa.gov.br/imprensa/imprensa_release.asp?codigo=6911973&tipo_noticia=53> Acesso em 20 de janeiro de 2016.

CALDEIRA, A.M.; MACHADO, M.A.S.; SOUZA, R.C.; TANSCHKEIT, R. OLIVEIRA JUNIOR, A.H (Coord.). 2007; Inteligência computacional aplicada à administração, economia e engenharia em Matlab®. São Paulo: Tomson Learning, 2007.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. A produtividade da Construção Civil brasileira. 2013. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/066.pdf>. Acesso em: 18/03/2014, às 15:46h.

CAMPOS FILHO, Pio. **Método de apoio à decisão na verificação da sustentabilidade de uma unidade de conservação, usando lógica Fuzzy**. 2004. 211 p. 2004. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia de Produção) –Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

CANEPPELE, F. L.; SERAPHIM, O. J. Análise da eficiência energética na indústria madeireira através da lógica fuzzy. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.28, n.2, p. 95-102, 2013.

CARVALHO, M. T. M. **Metodologia para avaliação da Sustentabilidade de habitações de interesse Social com foco no projeto**. TESE (Doutorado em Estruturas e Construção Civil). Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 2009.

CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade de Habitações de Interesse Social com Foco no Projeto. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 207-225. 2012.

CASTRO, M. de F.; MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. A critical analysis of building sustainability assessment methods for healthcare buildings. **Springer Science**, 2014.

CELESTINO, P. H. M. CARASEK, H. CASCUDO, O. **Produção de blocos de concreto em obra com utilização de resíduo cimentício como agregado - um exercício de sustentabilidade**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/208/producao-de-blocos-de-concreto-em-obra-com-utilizacao-de-319323-1.aspx>> Acesso em: 12 jun. 2018.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares – 2009**. São Paulo: Cetesb, 2010. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/publicacoes.asp>>. Acesso em: 05/06/2015.

CHAN, F. T. S.; KUMAR, N. Global supplier development considering *risk factors* using fuzzy extended AHP based approach. **Omega**, v. 35, n.4, p.417–431, 2007.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. **Nosso futuro comum**. 2a ed. Tradução de *Our common future*. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro, Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; SECOVI-SP - SINDICATO DAS EMPRESAS DE COMPRA, VENDA, LOCAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE IMÓVEIS RESIDENCIAIS E COMERCIAIS DE SÃO PAULO – CBCS. **Condutas de sustentabilidade no setor imobiliário residencial**. 90 p. São Paulo. 2011.

CONSELHO MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE- COMAM. Deliberação Normativa nº 66 de 29 de dezembro de 2009. **Institui o Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental e estabelece medidas de sustentabilidade, combate às mudanças climáticas e gestão de emissões de gases de efeito estufa no âmbito da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte e dá outras providências**. Belo Horizonte.

COSTA, H. G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. Niterói, RJ, 2002.

CURITIBA. Câmara Municipal de Curitiba. Lei Nº 9806 de 2000. **Institui o Código Florestal do Município de Curitiba, revoga as leis nº 8353/93 e 8436/94, e dá outras providências**.

DISTRITO FEDERAL. Câmara Legislativa do Distrito Federal. Lei nº 2.105 de 1998. **Dispõe sobre o Código de Edificações do Distrito Federal**.

DISTRITO FEDERAL. Câmara Legislativa do Distrito Federal. Lei nº 6.138 de 2018. **Institui o Código de Obras e Edificações do Distrito Federal – COE**.

EDLER, G. O. B.; RODRIGUES, D. B. Meio Ambiente Urbano: Principais Problemas e Instrumentos para a Sustentabilidade. **Revista Eletrônica do Curso de Direito – UFSM**, Santa Maria-RS, v.8, 2013.

FERNANDES, S. E. et al. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade. **Revista Matéria (Rio J.)** [online]. 2015, vol.20, n.4, pp.909-923. Disponível

em:<<http://www.scielo.br/pdf/rmat/v20n4/1517-7076-rmat-20-04-00909.pdf>>Acesso em: 12 mai.2018.

FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO- FIESP. **Cadeia produtiva da Construção**, 2010.

FIGUEIREDO F. G. de; SILVA, V. G. Processo de Projeto Integrado e desempenho ambiental de edificações: os casos do SAP Labs Brazil e da Ampliação do CENPES Petrobras. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 97-119, abr./jun. 2012.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal de Fortaleza. Lei N.º 5.530 de 17 de dezembro 1981. **Dispõe sobre o código de obras e posturas do município de fortaleza e da outras providências**.

FRANÇA, F. M. C. **Indicadores integrados de sustentabilidade e análise de decisão multicriterial de barragens subterrâneas no estado do Ceará**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2016.

FREITAS, M. R. P.; NEGRÃO, G. N. Vazios urbanos: estudo de caso no município de Guarapuava-PR. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v. 1, número especial, p. 480-493, jul./dez. 2014.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI (FCAV). **Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Residenciais em Construção – Processo AQUA**. 2014.

GHEHI; JAFARI; MALEKMOHAMMADI. **Applying Indexing Method to Railway Risk Assessment by Using AHP and Mamdani Fuzzy Algorithm in MATLAB: a case study in Iran, Qazvin-Zanjan Railway**. Global Journal Of Biodiversity Science And Management, 3(1): 26-33, 2013. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0973/6a686ad64723c65d9388fa1729ee92aa906f.pdf>> Acesso em: 23 jun. 2018.

GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, p.11-23, 1992.

GRAMACHO, B. B. et al. Construção sustentável: soluções para construir agredindo menos o ambiente. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n.16, p. 97-110, mar. 2013.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL - GBC. **Referencial GBC Brasil Casa**. São Paulo: GBC - Brasil, 2014.

GRÜNBERG, P. R. M.; MEDEIROS, M. H. F.; TAVARES, S. F. Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for Homes, processo AQUA e Selo Casa Azul. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 195-214, abr./jun. 2014.

GUARULHOS. Lei nº 6.793/10. Disponível em: <http://www.leismunicipais.com.br/legislacao-de-guarulhos/1394041/lei-6793-2010-guarulhos-sp.html>. Acesso em 15 de setembro de 2016.

HILGENBERG, F. B. **Sistemas de Certificação Ambiental para Edifícios Estudo De Caso : AQUA**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil. Curitiba. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios. Resultados do universo**. Rio de Janeiro, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios. Síntese de indicadores**. 2015. Rio de Janeiro, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**, Rio de Janeiro, v. 22, p.1-98 , 2012.

International Organization for Standardization-ISO. 2011. **ISO/AWI 21929**, Building Construction – Sustainability in Building Construction – Sustainability Indicators - Part 1 - Framework for the development of indicators for buildings and core indicators 2011.

International Organization for Standardization-ISO. 2015. **ISO/AWI 21929-2**, Sustainability in building construction — Sustainability indicators — Part 2: Framework for the development of indicators for civil engineering works 2015.

JACOBI, Pedro. **Meio ambiente e sustentabilidade**. In: O município no século XXI: cenários e perspectivas. Fundação Prefeito Faria Lima – CEPAM. Ed. Especial. São Paulo, p. 175-183, 1999.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. Código de Obras. **Lei Nº 1.347 de 27 de abril de 1971**. Secretaria de Planejamento. João Pessoa, 2001.

KANG, H.J. Development of a systematic model for an assessment tool for sustainable buildings based on a structural framework, **Energy Build**, 104, p. 287–301, 2015.

KANG, H.; LEE, Y., KIM S. Sustainable building assessment tool for project decision makers and its development process. **Environmental Impact Assessment**, Review 58, p. 34–47, 2016.

KEELER, M; BURKE, B. Fundamentos de **Projeto de Edificações sustentáveis**. 1ª ed.: Bookman, Porto Alegre, 2010.

KUHLMAN, T.; FARRINGTON, J. What is Sustainability? **Sustainability**, v. 2, p. 3436-3448, 2010.

MACEIÓ. Lei Municipal nº 5528 de dezembro de 2005. Institui o Plano Diretor de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano e dá outras providências. Maceió, 2005.

_____. Código Municipal de Edificações e Urbanismo. Lei Nº 5.593, de 08 de Fevereiro de 2007. Maceió, 2007.

MALCOLM, L. Integrated Design for Sustainable Buildings. **ASHRAE Journal**, New York, set. 2004.

MALUTTA, C. **Método de Apoio à Tomada de Decisão Sobre a Adequação de Aterros Sanitários Utilizando a Lógica Fuzzy**. (Tese de Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.

MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. C. B.. Aplicação do Método AHP para a Hierarquização das Alternativas de Tratamento de Resíduos Sólidos Domiciliares. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 173-187, 2011.

MATEUS, R. F. M. S. **Avaliação da Sustentabilidade da Construção**: Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2009.

MATTANA, A. J.; MEDEIROS, M. H. F. de; SILVA, N. G. da; COSTA, M. do R. de M. M. da. Análise hierárquica para escolha entre agregado natural e areia de britagem de rocha para confecção de argamassas de revestimento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 63-79, out./dez. 2012.

MATTONI, B.; GUATTARI, C.; EVANGELISTI, L.; BISEGNA, F.; GORI, P.; ASDRUBALI, F. Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 950-960, 2018.

MEDEIROS, A. V. **Modelagem de Sistemas Dinâmicos Não Lineares Utilizando Sistemas Fuzzy, Algoritmos Genéticos e Funções de Base Ortonormal**. (Dissertação de Mestrado) - UNICAMP, São Paulo, 2006.

MELO, J. D. **Caracterização Climática da Cidade de Maceió como Subsídio a Decisões de Planejamento**. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, 2009.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e Processos de Projetos de Edificações. **Revista Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos-SP, v. 4, n. 1, p. 84-119. mai. 2009.

NATAL. Lei complementar nº 055 de 27 de janeiro de 2004. Institui o Código de Obras e Edificações do Município de Natal e dá outras providências.

OLIVEIRA, V. M. **Sistemas de certificação ambiental e a norma brasileira de desempenho**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído), Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

OLIVEIRA, K. C.da S. LIMA, S. F. de. Formas alternativas do uso da casca do sururu. **Cadernos da Graduação**. Maceió, v. 3, n.3, p. 121-132. Novembro 2016. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/view/371>> Acesso em: 23 jul.2018.

Paraíba. Lei nº 10.047, de 09 de julho de 2013. Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação do “Telhado Verde” nos locais que especifica, e dá outras providências. Disponível em: http://201.65.213.154:8080/sapl/sapl_documentos/norma_juridica/10763_texto_integral. Acesso em 11/03/2018, às 9:36h.

PASSOS, I. C. da S. **Clima e arquitetura habitacional em Alagoas : estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar**. 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

PROCEL. **Etiquetagem em Edificações**. [2013?]. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={F48ABFE1-2335-4951-9FF9-C5E9B27815AC}>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

RABELO, T. M. L.; MENDES, O. B. B.; SILVA, A. L. M.. Análise Comparativa do Novo Sistema de Integração Temporal e Tarifária Ônibus-Ônibus de Maceió. **Anais...** 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, Maceió, 2016.

REBÊLO, M.M. P. S. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas**. 2011. 113 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

REBÊLO, M.M. P. S; BARBIRATO, G. M. Analysis methodologies fitness assessment of residential project sustainability for context Maceió – AL. In: SBE16 Sustainable Urban Communities towards a nearly zero Impact Built Environment. **Anais...** Vitória: SBE16, 2016.

RECIFE. Lei Municipal nº 16.292 de 29 de janeiro de 1997. Institui o Código de Edificações e Instalações na Cidade do Recife.

_____. Lei Municipal nº 18.111 de 2015. Define limites e mecanismos de compensação para os setores de sustentabilidade ambiental 2 - ssa 2, no entorno das unidades de equilíbrio ambiental - uea, referentes às praças e parques da cidade.

_____. Lei Municipal nº 18.112 de 2015. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências.

Reis Neto, José & Pradella Rodrigues, Wesley & Wolf, Rhaysa & Heredia Vieira, Danilo & Souza, Celso. (2010). **Mensuração da satisfação do cliente: uma comparação entre lógica fuzzy e regressão linear**. Disponível em: <http://repositorio.pgskroton.com.br/handle/123456789/411>, Acesso em: 12/04/2018, às 15:45h.

RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO). Decreto nº 35.745, de 06 de junho de 2012. Cria a Qualificação QUALIVERDE e estabelece critérios para sua obtenção, 2012a.

RIO DE JANEIRO (MUNICÍPIO). Projeto de Lei Complementar nº 31, 2013. Institui o Código de Obras e Edificações da Cidade do Rio de Janeiro, 2013b. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3832779/4103828/ProjetodeLeiComplementar31_2013COE>. Acesso em: 25/01/2015.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. McGraw-Hill International, New York. 1980.

SAATY, T. L. Some mathematical concepts of the analytic hierarchy Process. **Behaviormetrika**, v. 29, p. 1-9, 1991.

SAATY, T. L. The analytic hierarchy and analytic network processes for the measurement of intangible criteria and for decision-making”, Process: What the AHP is and what it is not. J. Figueira, S. Greco, M. Ehgott (Eds.), Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, **Springer**, New York. p. 345-407, chapter 9, 2005.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. Studio Nobel; Fundação do desenvolvimento administrativo. São Paulo, 1993.

SALGADO, M. S. Projeto integrado – caminho para a produção de edificações sustentáveis: a questão dos sistemas prediais. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. – **Anais...** Fortaleza, ENTAC, 2008.

SALGADO, M. S.; CHATELET, A.; FERNANDEZ, P. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99, out./dez. 2012.

SALVADOR. Lei Municipal nº 3.903 de 1988. Institui normas relativas à execução de obras do Município do Salvador e dá outras providências.

_____. Decreto Municipal nº 25.899 de 24 março de 2015. Regulamenta o art. 5º da lei nº 8.474, de 02 de outubro de 2013, e institui o programa de certificação sustentável "IPTU verde" em edificações no município de salvador, que estabelece benefícios fiscais aos participantes do programa, assim como o art. 5º da lei nº 8.723, de 22 de dezembro de 2014, e dá outras providências.

_____. Secretaria da Cidade Sustentável. Disciplina que os projetos que apresentarem, no requerimento de obtenção da certificação, os itens constantes no Anexo I, poderão alcançar pontuação máxima no IPTU Verde. Portaria n. 34 de 11 de novembro de 2015. **Diário Oficial do Município**, Salvador, BA, 16 nov. 2015.

SANTOS, C. O. Modelagem computacional do grau de comprometimento pelo fibro edema gelóide (celulite) utilizando o sistema de inferência fuzzy. Dissertação (Mestrado). 134 p. Faculdade de Tecnologia Senai-CIMATEC, Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, 2009.

SANTOS, D. C. dos. Os Sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, out/dez. 2002.

SANTOS, D. G. **Estudo Comparativo entre o Sistema Construtivo Tradicional e Painéis Pré-Moldados tipo Jet Casa**. Projeto Final, Publicação ENC. PF 006-2013/02, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 30p. 2014.

SANTOS, L. F.; CRUZ, R. B. C. O Uso do Método AHP na Tomada de Decisão para Seleção de Sistemas de Lajes de Edifícios Comerciais. **Engenharia Estudo e Pesquisa**. ABPE, v. 13, n. 1, jan/jun 2013.

SÃO LUÍS. Lei Municipal nº 033 de 11 de maio de 1976. Reestrutura o Código de Construções e Dá Outras Providências.

SÃO PAULO. Lei nº 14.459, de 3 DE julho de 2007. Acrescenta o item 9.3.5 à Seção 9.3 - Instalações Prediais do Anexo I da Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (Código de Obras e Edificações), e dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações do Município de São Paulo. DIÁRIO OFICIAL da Cidade de São Paulo nº 121, 4 de julho de 2007.

_____. Lei nº 16.642, de 9 de maio de 2017. Aprova o Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo; introduz alterações nas Leis nº 15.150, de 6 de maio de 2010, e nº 15.764, de 27 de maio de 2013.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus Indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente e Sociedade**. v. 10, n. 2, jul-dez. 2007.

SILVA, J. de L. e. **Desempenho do Reator Anaeróbio Horizontal com Chicanas no tratamento da manipueira em fases separadas e estabilização do pH com conchas de sururu**. 2009. 99f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.

SILVA, D. L. F.; SOUSA, J. M. MC.; OLIVEIRA, A. A; BARRETO, E. C. M. Viabilidade do uso da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em parcial substituição de cimento Portland. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu. Disponível em: <<http://www.confea.org.br/media/contecc2016/civil/viabilidade%20do%20uso%20da%20cinza%20do%20baga%C3%A7o%20de%20cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar%20em%20parcial%20substitui%C3%A7%C3%A3o%20de%20cimento%20portland.pdf>> Acesso em: 15 mai. 2018.

SILVA, M. C. C. **Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais em projetos que visam certificação ambiental**. 2013. 89 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. 210 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7-18, jul./set. 2003.

SOARES, L. F. S. **Índice de Sustentabilidade Municipal: Uma Abordagem Fuzzy para um Sistema de Apoio a Decisão**. 2015. 117 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Câmpus Experimental de Sorocaba, Sorocaba, 2015.

SOBREIRA, F. Arquitetura e Sustentabilidade: os riscos da onda verde. In: 19º Congresso Brasileiro de Arquitetos – CBA, 2010. **Anais...** Recife, CBA, 2010.

SOROCABA. Lei Municipal nº 9.571, de 16 de maio de 2011. Institui o “IPTU Ecológico”, desconto no Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) às habitações sustentáveis e dá outras providências.

SOUZA, C. L.; AWAD, J. M., **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes**. Bookman, São Paulo, Brasil, 2012.

SOUZA, A. D. S. **Ferramenta asus: proposta preliminar Para avaliação da sustentabilidade de Edifícios brasileiros a partir da base conceitual da sbtool.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

SOUZA, E. C. V. Legislação Sustentável: Diretrizes para Incorporação de Conceitos de Sustentabilidade no Código de Edificações de Vitória/ES. **Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, São Paulo, v. 22, n. 38, p. 124-139, dec. 2015. ISSN 2317-2762. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/112375>>. Acesso em: 12/05/2018. doi:<http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v22i38p124-139>.

SOUZA, E. S. P. **Modelo matemático neuro-fuzzy para subsidiar a avaliação de construções sustentáveis: o caso do maglev-cobra.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SUWANTEEP, K.; MURAYAMA, T., NISHIKIZAWA, S. Environmental impact assessment system in Thailand and its comparison with those in China and Japan. **Environ Impact Assess**, Rev. 58, p. 12-24, 2016.

TAVARES, P. de O. **Aplicação do Conceito de Sustentabilidade em Construções Residenciais.** 2010. 34 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia – UFMG, Belo Horizonte, 2010.

TERESINA. Lei complementar Municipal nº 3.608, de 04 de janeiro de 2007. Dá nova redação ao Código de Obras e Edificações de Teresina e dá outras providências.

TIBÚRCIO, I. C. S. P. **Ventilação Natural em Edificações Residenciais: parâmetros normativos para configuração das aberturas.** 204 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

UNFPA – United Nations Population Fund. State of world population 2007: unleashing the potencial of urban growth. New York: UNFPA, 2007.

VASCONCELOS. Y. Resíduos da queima do bagaço de cana-de-açúcar podem substituir parte da areia usada na construção civil. **Revista Pesquisa Fapesp**. Edição 171. Maio de 2010. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2010/05/31/concreto-feito-de-cinzas/>> Acesso em: 12 mai. 2018.

VIGGIANO, M. H. S. **Edifícios públicos sustentáveis**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2010.

VITÓRIA. Lei nº 4.857 de 15 de abril de 1999. Institui a obrigatoriedade de instalações hidráulicas que permitam a medição isolada do consumo de água de cada uma de suas unidades habitacionais.

VITÓRIA. Lei nº 6.259 de 23 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências.

ZARGHAMI E.; AZEMATI H.; FATOUREHCHI D.; KARAMLOO M. Customizing Well-known Sustainability Assessment Tools for Iranian Residential Buildings Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. **Building and Environment**, p 107–128, 2018.

APÊNDICE A – MODELO QUESTIONÁRIO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO



Prezado(a) profissional do setor da construção civil, eu, Marcelle Maria Pais Silva Rebêlo, sou aluna do Doutorado no Programa de Pós-Graduação em arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, sob orientação da professora Dra. Gianna Melo Barbirato. Quero solicitar alguns minutos de sua atenção para responder a pesquisa intitulada: "Sustentabilidade Ambiental para Projetos Residenciais em Maceió/AL: Desenvolvimento de Estratégia para Adequação de Ferramenta de Avaliação." Meu objetivo é hierarquizar as condicionantes projetuais em Maceió/AL: climáticas e de infraestrutura urbana. Informo que, de acordo com a Legislação sobre Ética em Pesquisa no Brasil (Resolução do CNS 466/2012), em nenhum momento, as pessoas que participarem dessa pesquisa serão identificadas, será mantido sigilo total sobre as informações fornecidas.

Sendo assim, compare as opções abaixo (tabelas 02 a 07), de acordo com a escala numérica da tabela 01, levando em consideração as características climáticas e de infraestrutura de Maceió/AL.

Tabela 01: Escala De Saaty – Metodologia De Análise Hierárquica.

ESCALA	AVALIAÇÃO NUMÉRICA	DESCRIÇÃO
Extremamente preferido	9	A importância da existência do critério X em relação ao critério Y no projeto é total
Muito fortemente preferido	7	A importância da existência do critério X em relação ao critério Y no projeto é muito maior
Fortemente preferido	5	A importância da existência do critério X em relação ao critério Y no projeto é maior
Moderadamente preferido	3	A importância da existência do critério X em relação ao critério Y no projeto é um pouco maior
Igualmente preferido	1	A importância da existência dos 2 critérios no projeto é igual

OBS.: Quando o segundo critério for considerado o mais importante, responder 1/X, sendo X a avaliação numérica da escala de Saaty.

Pergunta a ser respondida:

Comparando entre si os critérios X e Y das categorias abaixo, em que medida um deles representa maior impacto relativo na sustentabilidade ambiental das construções do que o outro para a cidade de Maceió/AL?

QUESTIONÁRIOS:

Para responder o questionário abaixo, segue o escopo das categorias:

CATEGORIAS	ESCOPO
1. Integração Urbana	Atentar para critérios importantes de seleção do terreno, buscando sempre áreas com boa infraestrutura urbana instalada.
2. Projeto	Elaborar projeto integrado, com soluções construtivas sustentáveis ambientalmente, possuindo interface com as categorias Energia, Saneamento e Materiais
3. Energia	Buscar alternativas projetuais para o consumo energético eficiente.
4. Saneamento	Atentar para a redução do consumo de água potável nas residências e prever em projeto hidrossanitário destinação adequada tanto para os efluentes líquidos como sólidos. Buscar a permeabilidade do solo como forma de evitar problemas de alagamentos e facilitar o reabastecimento do lençol freático da cidade.
5. Materiais	Prever a utilização de materiais ambientalmente sustentáveis, bem como a gestão dos resíduos gerados pela construção civil.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 02:

CATEGORIA		NOTA
INTEGRAÇÃO URBANA	X PROJETO	
INTEGRAÇÃO URBANA	X ENERGIA	
INTEGRAÇÃO URBANA	X SANEAMENTO	
INTEGRAÇÃO URBANA	X MATERIAIS	
PROJETO	X ENERGIA	
PROJETO	X SANEAMENTO	
PROJETO	X MATERIAIS	
ENERGIA	X SANEAMENTO	
ENERGIA	X MATERIAIS	
SANEAMENTO	X MATERIAIS	

Para responder os questionários abaixo, segue os objetivos dos critérios por categorias:

CATEGORIA	CRITÉRIOS	OBJETIVOS
Integração Urbana	Infraestrutura do entorno	Na escolha do terreno, levar em consideração a infraestrutura urbana já instalada na região, o acesso a transporte público, a proximidade do terreno a escolas, bancos, restaurantes, entre outros.
	Impactos no entorno	Atentar para os impactos na vizinhança da edificação em projeto quanto a iluminação e ventilação naturais.
	Vazios urbanos	Buscar revitalizar áreas da cidade que já possuam uma boa infraestrutura urbana instalada.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 03:

CATEGORIA INTEGRAÇÃO URBANA		NOTA
INFRAESTRUTURA DO ENTORNO	X IMPACTOS NA VIZINHANÇA	
INFRAESTRUTURA DO ENTORNO	X VAZIOS URBANOS	
IMPACTOS NA VIZINHANÇA	X VAZIOS URBANOS	

CATEGORIA	CRITÉRIOS	OBJETIVOS
Materiais	Qualidade materiais e componentes	Evitar o uso de produtos de baixa durabilidade, melhorando o desempenho e reduzindo o desperdício de recursos naturais.
	Gestão dos resíduos da construção civil	Reduzir a quantidade de resíduos de construção e demolição e seus impactos no meio ambiente urbano.
	Materiais alternativos	Fazer uso de materiais alternativos, desde que haja referências para isso.
	Madeiras certificadas ou plantadas	Promover o uso de madeira de espécies exóticas plantadas ou madeira nativa certificada.
	Materiais regionais ou certificados	Utilizar materiais produzido na região da obra ou que possuam selo de certificação ambiental.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 04:

CATEGORIA MATERIAIS			NOTA
QUALIDADE DOS MATERIAIS	X	GESTÃO DOS RESÍDUOS	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	X	MATERIAIS ALTERNATIVOS	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	X	MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	X	MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	
GESTÃO DOS RESÍDUOS	X	MATERIAIS ALTERNATIVOS	
GESTÃO DOS RESÍDUOS	X	MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	
GESTÃO DOS RESÍDUOS	X	MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	
MATERIAIS ALTERNATIVOS	X	MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	
MATERIAIS ALTERNATIVOS	X	MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	X	MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	

CATEGORIA	CRITÉRIOS	OBJETIVOS
Projeto	Vedações – desempenho térmico	Proporcionar ao usuário melhores condições de conforto térmico.
	Iluminação e ventilação natural áreas comuns e banheiros	Possibilitar a iluminação e ventilação natural em banheiros, melhorando a salubridade do ambiente e economizando energia.
	Adequação as condicionantes físicas do terreno	Aproveitar a topografia do local de implantação, impactando o menos possível no ambiente.
	Acústica	Reduzir a propagação de ruídos externos e entre unidades em edificações multifamiliares, principalmente nos ambientes de maior permanência da residência.
	Acessibilidade	Projetar as edificações dentro do conceito de desenho universal. Em edificações multifamiliares prever unidades adaptadas no pavimento térreo, podendo locar em outros pavimentos quando da existência de elevador.
	Projetos complementares	Buscar a elaboração do projeto integrado.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 05:

CATEGORIA PROJETO			NOTA
VEDAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO	X	ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAIS EM ÁREAS COMUNS E BANHEIROS	
VEDAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO	X	ADEQUAÇÃO AS CONDICIONANTES FÍSICAS DO TERRENO	
VEDAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO	X	ACESSIBILIDADE	
VEDAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO	X	ACÚSTICA	
VEDAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO	X	PROJETOS COMPLEMENTARES	
ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAIS EM ÁREAS COMUNS E BANHEIROS	X	ADEQUAÇÃO AS CONDICIONANTES FÍSICAS DO TERRENO	
ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAIS EM ÁREAS COMUNS E BANHEIROS	X	ACESSIBILIDADE	
ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAIS EM ÁREAS COMUNS E BANHEIROS	X	ACÚSTICA	
ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAIS EM ÁREAS COMUNS E BANHEIROS	X	PROJETOS COMPLEMENTARES	
ADEQUAÇÃO AS CONDICIONANTES FÍSICAS DO TERRENO	X	ACESSIBILIDADE	
ADEQUAÇÃO AS CONDICIONANTES FÍSICAS DO TERRENO	X	ACÚSTICA	
ADEQUAÇÃO AS CONDICIONANTES FÍSICAS DO TERRENO	X	PROJETOS COMPLEMENTARES	
ACESSIBILIDADE	X	ACÚSTICA	
ACESSIBILIDADE	X	PROJETOS COMPLEMENTARES	
ACÚSTICA	X	PROJETOS COMPLEMENTARES	

CATEGORIA	CRITÉRIOS	OBJETIVOS
Saneamento	Medição individualizada água	Possibilitar aos usuários o gerenciamento do consumo de água de sua unidade habitacional, de forma a facilitar a redução de consumo.
	Dispositivos economizadores	Instalar dispositivos que promovam a economia do consumo de água potável da edificação.
	Águas Pluviais	Diminuir o sobrecarregamento do sistema de coleta de água pluvial da cidade.
	Áreas permeáveis	Possibilitar o reabastecimento do lençol freático aumentando a porcentagem de área verde.
	Irrigação eficiente	Fazer uso de água de reuso ou sistemas economizadores como forma de economizar água potável.
	Descarte - efluentes líquidos	Evitar a contaminação dos corpos hídricos, através de tratamento e descarte adequados.
	Coleta seletiva	Reduzir o volume de lixo no aterro sanitário, através de sua seleção e disposição em centros de reciclagem.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 06:

CATEGORIA SANEAMENTO			NOTA
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA	X	DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA	X	ÁGUAS PLUVIAIS	
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA	X	ÁREAS PERMEÁVEIS	
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA	X	IRRIGAÇÃO EFICIENTE	
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA	X	DESCARTE DE EFLUENTES LÍQUIDOS	
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA	X	COLETA SELETIVA	
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	X	ÁGUAS PLUVIAIS	
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	X	ÁREAS PERMEÁVEIS	
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	X	IRRIGAÇÃO EFICIENTE	
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	X	DESCARTE DE EFLUENTES LÍQUIDOS	
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	X	COLETA SELETIVA	
ÁGUAS PLUVIAIS	X	ÁREAS PERMEÁVEIS	
ÁGUAS PLUVIAIS	X	IRRIGAÇÃO EFICIENTE	
ÁGUAS PLUVIAIS	X	DESCARTE DE EFLUENTES LÍQUIDOS	
ÁGUAS PLUVIAIS	X	COLETA SELETIVA	
ÁREAS PERMEÁVEIS	X	IRRIGAÇÃO EFICIENTE	
ÁREAS PERMEÁVEIS	X	DESCARTE DE EFLUENTES LÍQUIDOS	
ÁREAS PERMEÁVEIS	X	COLETA SELETIVA	
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	X	DESCARTE DE EFLUENTES LÍQUIDOS	
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	X	COLETA SELETIVA	
DESCARTE DE EFLUENTES LÍQUIDOS	X	COLETA SELETIVA	

CATEGORIA	CRITÉRIOS	OBJETIVOS
Energia	Iluminação artificial	Reduzir o consumo de energia elétrica mediante o uso de lâmpadas eficientes.
	Dispositivos de economia	Reduzir o consumo de energia elétrica mediante a utilização de dispositivos economizadores e/ou lâmpadas eficientes nas áreas comuns.
	Sistemas de aquecimento	Buscar fontes alternativas de energia para o aquecimento de água (solar, eólica) quando viável.
	Elevadores eficientes	Reduzir o consumo de energia elétrica com a utilização de sistemas operacionais eficientes na edificação.

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 07:

CATEGORIA ENERGIA			NOTA
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	X	DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	X	SISTEMAS DE AQUECIMENTO	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	X	ELEVADORES EFICIENTES	
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	X	SISTEMAS DE AQUECIMENTO	
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	X	ELEVADORES EFICIENTES	
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	X	ELEVADORES EFICIENTES	

Para finalizar sua participação na pesquisa, defina a faixa de gradação do nível de sustentabilidade ambiental para as construções qualificadas como mais sustentáveis entre pouco e muito sustentável, observando o modelo e sabendo que:

- A pontuação varia de 1 (um) a 100 (cem) e;
- Existem 3 (três) níveis definidos: Pouco sustentável; Parcialmente sustentável; Muito sustentável

Abaixo segue modelo:

POUCO SUSTENTÁVEL	<u> 1 </u>	A	<u> XX </u>
PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL	<u> XX </u>	A	<u> XX </u>
MUITO SUSTENTÁVEL	<u> XX </u>	A	<u> 100 </u>

Complete:

POUCO SUSTENTÁVEL	<u> 1 </u>	A	<u> </u>
PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL	<u> </u>	A	<u> </u>
MUITO SUSTENTÁVEL	<u> </u>	A	<u> 100 </u>

Obrigada por sua participação e atenção concedida!

APÊNDICE B – MATRIZES GERADAS COM TÉCNICA AHP

Matrizes para as CATEGORIAS:

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	7	5	1	5			
PROJETO	0,1429	1	1	1	1			
ENERGIA	0,2	1	1	0,3333	1			
SANEAMENTO	1	1	3	1	1			
MATERIAIS	0,2	1	1	1	1			
	2,54285	11	11	4,3333	9			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	0,393259532	0,6363636	0,454545	0,230771006	0,55555556	2,270495	0,454099	45,4099
PROJETO	0,056177124	0,0909091	0,090909	0,230771006	0,11111111	0,579877	0,115975	11,59755
ENERGIA	0,078651906	0,0909091	0,090909	0,076915976	0,11111111	0,448497	0,089699	8,969944
SANEAMENTO	0,393259532	0,0909091	0,272727	0,230771006	0,11111111	1,098778	0,219756	21,97556
MATERIAIS	0,078651906	0,0909091	0,090909	0,230771006	0,11111111	0,602352	0,12047	12,04704
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	0,1428571	0,142857	3	0,14285714			
PROJETO	7	1	1	9	1			
ENERGIA	7	1	1	9	1			
SANEAMENTO	0,33333333	0,1111111	0,111111	1	0,33333333			
MATERIAIS	7	1	1	3	1			
	22,33333333	3,2539683	3,253968	25	3,47619048			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	0,044776119	0,0439024	0,043902	0,12	0,04109589	0,293677	0,058735	5,873538
PROJETO	0,313432836	0,3073171	0,307317	0,36	0,28767123	1,575738	0,315148	31,51476
ENERGIA	0,313432836	0,3073171	0,307317	0,36	0,28767123	1,575738	0,315148	31,51476
SANEAMENTO	0,014925373	0,0341463	0,034146	0,04	0,09589041	0,219108	0,043822	4,382169
MATERIAIS	0,313432836	0,3073171	0,307317	0,12	0,28767123	1,335738	0,267148	26,71476
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	5	7	0,2	1			
PROJETO	0,2	1	1	0,142857143	0,33333333			
ENERGIA	0,142857143	1	1	0,142857143	0,2			
SANEAMENTO	5	7	7	1	3			
MATERIAIS	1	3	5	0,33333333	1			
	7,342857143	17	21	1,819047619	5,53333333			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	0,13618677	0,2941176	0,333333	0,109947644	0,18072289	1,054308	0,210862	21,08617
PROJETO	0,027237354	0,0588235	0,047619	0,078534031	0,06024096	0,272455	0,054491	5,449099
ENERGIA	0,019455253	0,0588235	0,047619	0,078534031	0,03614458	0,240576	0,048115	4,811529
SANEAMENTO	0,680933852	0,4117647	0,333333	0,54973822	0,54216867	2,517939	0,503588	50,35878
MATERIAIS	0,13618677	0,1764706	0,238095	0,183246073	0,18072289	0,914722	0,182944	18,29443
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	0,1111111	0,2	0,142857143	0,33333333			
PROJETO	9	1	7	1	7			
ENERGIA	5	0,1428571	1	0,333333333	5			
SANEAMENTO	7	1	3	1	7			
MATERIAIS	3	0,1428571	0,2	0,142857143	1			
	25	2,3968254	11,4	2,619047619	20,3333333			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	0,04	0,0463576	0,017544	0,054545455	0,01639344	0,17484	0,034968	3,496807
PROJETO	0,36	0,4172185	0,614035	0,381818182	0,3442623	2,117334	0,423467	42,34668
ENERGIA	0,2	0,0596026	0,087719	0,127272727	0,24590164	0,720496	0,144099	14,40993
SANEAMENTO	0,28	0,4172185	0,263158	0,381818182	0,3442623	1,686457	0,337291	33,72914
MATERIAIS	0,12	0,0596026	0,017544	0,054545455	0,04918033	0,300872	0,060174	6,017446
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	7	7	7	5			
PROJETO	0,142857143	1	3	1	1			
ENERGIA	0,142857143	0,3333333	1	1	1			
SANEAMENTO	0,142857143	1	1	1	0,33333333			
MATERIAIS	0,2	1	1	3	1			
	1,6286	10,3333	13,0000	13,0000	8,3333			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	0,6140	0,6774	0,5385	0,5385	0,6000	2,9684	0,5937	59
PROJETO	0,0877	0,0968	0,2308	0,0769	0,1200	0,6122	0,1224	12
ENERGIA	0,0877	0,0323	0,0769	0,0769	0,1200	0,3938	0,0788	8
SANEAMENTO	0,0877	0,0968	0,0769	0,0769	0,0400	0,3783	0,0757	8
MATERIAIS	0,1228	0,0968	0,0769	0,2308	0,1200	0,6473	0,1295	13
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	3	5	3	7			
PROJETO	0,333333333	1	3	3	5			
ENERGIA	0,2	0,3333333	1	0,333333333	5			
SANEAMENTO	0,333333333	0,3333333	3	1	5			
MATERIAIS	0,142857143	0,2	0,2	0,2	1			
	2,00952381	4,8666667	12,2	7,533333333	23			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	0,497630332	0,6164384	0,4098361	0,398230088	0,30434783	2,2264827	0,4452965	44,5296534
PROJETO	0,165876777	0,2054795	0,2459016	0,398230088	0,2173913	1,2328793	0,2465759	24,6575852
ENERGIA	0,099526066	0,0684932	0,0819672	0,044247788	0,2173913	0,5116255	0,1023251	10,2325104
SANEAMENTO	0,165876777	0,0684932	0,2459016	0,132743363	0,2173913	0,8304062	0,1660812	16,6081247
MATERIAIS	0,071090047	0,0410959	0,0163934	0,026548673	0,04347826	0,1986063	0,0397213	3,97212628
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	1	3	0,142857143	3			
PROJETO	1	1	3	0,333333333	5			
ENERGIA	0,333333333	0,3333333	1	0,333333333	5			
SANEAMENTO	7	3	3	1	9			
MATERIAIS	0,333333333	0,2	0,2	0,111111111	1			
	9,666666667	5,5333333	10,2	1,920634921	23			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	0,103448276	0,1807229	0,2941176	0,074380165	0,13043478	0,7831038	0,1566208	15,6620752
PROJETO	0,103448276	0,1807229	0,2941176	0,173553719	0,2173913	0,9692338	0,1938468	19,3846768
ENERGIA	0,034482759	0,060241	0,0980392	0,173553719	0,2173913	0,583708	0,1167416	11,6741592
SANEAMENTO	0,724137931	0,5421687	0,2941176	0,520661157	0,39130435	2,4723898	0,494478	49,4477952
MATERIAIS	0,034482759	0,0361446	0,0196078	0,05785124	0,04347826	0,1915647	0,0383129	3,83129361
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	9	7	7	9			
PROJETO		1	7	9	9			
ENERGIA			1	0,142857143	0,333333333			
SANEAMENTO				1	7			
MATERIAIS					1			
	1	10	15	17,14285714	26,3333333			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	1	0,9	0,4666667	0,408333333	0,34177215	3,1167722	0,6233544	62,335443
PROJETO	0	0,1	0,4666667	0,525	0,34177215	1,4334388	0,2866878	28,6687764
ENERGIA	0	0	0,0666667	0,008333333	0,01265823	0,0876582	0,0175316	1,75316456
SANEAMENTO	0	0	0	0,058333333	0,26582278	0,3241561	0,0648312	6,48312236
MATERIAIS	0	0	0	0	0,03797468	0,0379747	0,0075949	0,75949367
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS			
INT. URBANA	1	0,1111111	1	0,111111111	0,2			
PROJETO	9	1	5	1	5			
ENERGIA	1	0,2	1	0,142857143	0,333333333			
SANEAMENTO	9	1	7	1	7			
MATERIAIS	5	0,2	3	0,142857143	1			
	25	2,5111111	17	2,396825397	13,5333333			
	MATRIZ NORMALIZADA							
CATEGORIAS	INT. URBANA	PROJETO	ENERGIA	SANEAMENTO	MATERIAIS		HIERARQUIA %	
INT. URBANA	0,04	0,0442478	0,0588235	0,046357616	0,01477833	0,2042073	0,0408415	4,08414516
PROJETO	0,36	0,3982301	0,2941176	0,417218543	0,36945813	1,8390244	0,3678049	36,7804881
ENERGIA	0,04	0,079646	0,0588235	0,059602649	0,02463054	0,2627027	0,0525405	5,25405476
SANEAMENTO	0,36	0,3982301	0,4117647	0,417218543	0,51724138	2,1044547	0,4208909	42,0890943
MATERIAIS	0,2	0,079646	0,1764706	0,059602649	0,07389163	0,5896109	0,1179222	11,7922176
	1	1	1	1	1	5		

Matrizes geradas para a categoria INTEGRAÇÃO URBANA:

	MATRIZ					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	1	7			
IMP. VIZINHANÇA	1	1	7			
VAZIOS URB.	0,142857143	0,142857143	1			
	2,142857143	2,142857143	15			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,466666667	0,466666667	0,466666667	1,4	0,46666667	46,66667
IMP. VIZINHANÇA	0,466666667	0,466666667	0,466666667	1,4	0,46666667	46,66667
VAZIOS URB.	0,066666667	0,066666667	0,066666667	0,2	0,06666667	6,66667
	1	1	1	3		

	MATRIZ					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	1	7			
IMP. VIZINHANÇA	1	1	7			
VAZIOS URB.	0,142857143	0,142857143	1			
	2,142857143	2,142857143	15			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,466666667	0,466666667	0,466666667	1,4	0,46666667	46,66667
IMP. VIZINHANÇA	0,466666667	0,466666667	0,466666667	1,4	0,46666667	46,66667
VAZIOS URB.	0,066666667	0,066666667	0,066666667	0,2	0,06666667	6,66667
	1	1	1	3		

	MATRIZ					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	1	1			
IMP. VIZINHANÇA	1	1	1			
VAZIOS URB.	1	1	1			
	3	3	3			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,333333333	0,333333333	0,333333333	1	0,33333333	33,33333
IMP. VIZINHANÇA	0,333333333	0,333333333	0,333333333	1	0,33333333	33,33333
VAZIOS URB.	0,333333333	0,333333333	0,333333333	1	0,33333333	33,33333
	1	1	1	3		

	MATRIZ					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	0,2	1			
IMP. VIZINHANÇA	5	1	3			
VAZIOS URB.	1	0,333333333	1			
	7	1,533333333	5			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,142857143	0,130434783	0,2	0,473	0,15776398	15,7764
IMP. VIZINHANÇA	0,714285714	0,652173913	0,6	1,966	0,65548654	65,54865
VAZIOS URB.	0,142857143	0,217391304	0,2	0,56	0,18674948	18,67495
	1	1	1	3		

	MATRIZ					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	5	5			
IMP. VIZINHANÇA	0,2	1	1			
VAZIOS URB.	0,2	1	1			
	1,4	7	7			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,714285714	0,714285714	0,714285714	2,143	0,71428571	71,42857
IMP. VIZINHANÇA	0,142857143	0,142857143	0,142857143	0,429	0,14285714	14,28571
VAZIOS URB.	0,142857143	0,142857143	0,142857143	0,429	0,14285714	14,28571
	1	1	1	3		

	MATRIZ					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	7	3			
IMP. VIZINHANÇA	0,142857143	1	0,333333333			
VAZIOS URB.	0,333333333	3	1			
	1,476190476	11	4,333333333			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,677419355	0,636363636	0,692307692	2,006	0,66869689	66,86969
IMP. VIZINHANÇA	0,096774194	0,090909091	0,076923077	0,265	0,08820212	8,820212
VAZIOS URB.	0,225806452	0,272727273	0,230769231	0,729	0,24310099	24,3101

	MATRIZ					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	0,333333333	3			
IMP. VIZINHANÇA	3	1	5			
VAZIOS URB.	0,333333333	0,2	1			
	4,333333333	1,533333333	9			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,230769231	0,217391304	0,333333333	0,781	0,26049796	26,0498
IMP. VIZINHANÇA	0,692307692	0,652173913	0,555555556	1,9	0,63334572	63,33457
VAZIOS URB.	0,076923077	0,130434783	0,111111111	0,318	0,10615632	10,61563
	1	1	1	3		

INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	1	7			
IMP. VIZINHANÇA	1	1	7			
VAZIOS URB.	0,142857143	0,142857143	1			
	2,142857143	2,142857143	15			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,466666667	0,466666667	0,466666667	1,4	0,46666667	46,66667
IMP. VIZINHANÇA	0,466666667	0,466666667	0,466666667	1,4	0,46666667	46,66667
VAZIOS URB.	0,066666667	0,066666667	0,066666667	0,2	0,06666667	6,66667
	1	1	1	3		

INT. URBANA	MATRIZ					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.			
INF. ENTORNO	1	7	3			
IMP. VIZINHANÇA	0,142857143	1	0,333333333			
VAZIOS URB.	0,333333333	3	1			
	1,476190476	11	4,333333333			
	MATRIZ NORMALIZADA					
INT. URBANA	INF. ENTORNO	IMP. VIZINHANÇA	VAZIOS URB.		HIERARQUIA %	
INF. ENTORNO	0,677419355	0,636363636	0,692307692	2,006	0,66869689	66,86969
IMP. VIZINHANÇA	0,096774194	0,090909091	0,076923077	0,265	0,08820212	8,820212
VAZIOS URB.	0,225806452	0,272727273	0,230769231	0,729	0,24310099	24,3101
	1	1	1	3		

Matrizes geradas para a categoria MATERIAIS:

	MATRIZ							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.			
QUALIDADE DOS MATERIAIS	1	1	3	3	1			
GESTÃO DOS RESÍDUOS	1	1	3	3	1			
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,333333333	0,333333333	1	1	1			
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,333333333	0,333333333	1	1	1			
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	1	1	1	1	1			
	3,666666667	3,666666667	9	9	5			
	MATRIZ NORMALIZADA							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.		HIERARQUIA %	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	0,272727273	0,272727273	0,333333333	0,333333333	0,2	1,412121	0,282424	28,24242
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,272727273	0,272727273	0,333333333	0,333333333	0,2	1,412121	0,282424	28,24242
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,090909091	0,090909091	0,111111111	0,111111111	0,2	0,60404	0,120808	12,08081
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,090909091	0,090909091	0,111111111	0,111111111	0,2	0,60404	0,120808	12,08081
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,272727273	0,272727273	0,111111111	0,111111111	0,2	0,967677	0,193535	19,35354
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.			
QUALIDADE DOS MATERIAIS	1	1	1	1	1			
GESTÃO DOS RESÍDUOS	1	1	1	1	1			
MATERIAIS ALTERNATIVOS	1	1	1	1	1			
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	1	1	1	1	1			
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	1	1	1	1	1			
	5	5	5	5	5			
	MATRIZ NORMALIZADA							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.		HIERARQUIA %	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,2	20
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,2	20
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,2	20
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,2	20
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1	0,2	20
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.			
QUALIDADE DOS MATERIAIS	1	3	3	3	3			
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,333333333	1	5	3	1			
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,333333333	0,2	1	0,333333333	0,2			
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,333333333	0,333333333	3	1	0,333333333			
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,333333333	1	5	3	1			
	2,333333333	5,533333333	17	10,33333333	5,533333333			
	MATRIZ NORMALIZADA							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.		HIERARQUIA %	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	0,428571429	0,542168675	0,1764706	0,290322581	0,542168675	1,979702	0,39594	39,59404
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,142857143	0,180722892	0,2941176	0,290322581	0,180722892	1,088743	0,217749	21,77486
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,142857143	0,036144578	0,0588235	0,032258065	0,036144578	0,306228	0,061246	6,124558
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,142857143	0,060240964	0,1764706	0,096774194	0,060240964	0,536584	0,107317	10,73168
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,142857143	0,180722892	0,2941176	0,290322581	0,180722892	1,088743	0,217749	21,77486
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.			
QUALIDADE DOS MATERIAIS	1	0,333333333	3	1	1			
GESTÃO DOS RESÍDUOS	3	1	3	1	3			
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,333333333	0,333333333	1	0,333333333	1			
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	1	1	3	1	5			
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	1	0,333333333	1	0,2	1			
	6,333333333	3	11	3,533333333	11			
	MATRIZ NORMALIZADA							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.		HIERARQUIA %	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	0,157894737	0,111111111	0,2727273	0,283018868	0,090909091	0,915661	0,183132	18,31322
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,473684211	0,333333333	0,2727273	0,283018868	0,272727273	1,635491	0,327098	32,70982
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,052631579	0,111111111	0,0909091	0,094339623	0,090909091	0,4399	0,08798	8,79801
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,157894737	0,333333333	0,2727273	0,283018868	0,454545455	1,50152	0,300304	30,03039
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,157894737	0,111111111	0,0909091	0,056603774	0,090909091	0,507428	0,101486	10,14856
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.			
QUALIDADE DOS MATERIAIS	1	1	1	3	3			
GESTÃO DOS RESÍDUOS	1	1	1	1	3			
MATERIAIS ALTERNATIVOS	1	1	1	3	3			
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,33333333	1	0,3333333	1	3			
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,33333333	0,33333333	0,3333333	0,33333333	1			
	3,66666667	4,33333333	3,6666667	8,33333333	13			
	MATRIZ NORMALIZADA							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.		HIERARQUIA %	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	0,27272723	0,230769231	0,2727273	0,36	0,230769231	1,366993	0,273399	27,33986
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,27272723	0,230769231	0,2727273	0,12	0,230769231	1,126993	0,225399	22,53986
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,27272723	0,230769231	0,2727273	0,36	0,230769231	1,366993	0,273399	27,33986
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,090909091	0,230769231	0,0909091	0,12	0,230769231	0,763357	0,152671	15,26713
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,090909091	0,076923077	0,0909091	0,04	0,076923077	0,375664	0,075133	7,513287
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.			
QUALIDADE DOS MATERIAIS	1	3	5	3	1			
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,33333333	1	3	5	3			
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,2	0,33333333	1	1	1			
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,33333333	0,2	1	1	1			
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	1	0,33333333	1	1	1			
	2,86666667	4,86666667	11	11	7			
	MATRIZ NORMALIZADA							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.		HIERARQUIA %	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	0,348837209	0,616438356	0,4545455	0,27272723	0,142857143	1,835405	0,367081	36,70811
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,11627907	0,205479452	0,2727273	0,454545455	0,428571429	1,477603	0,295521	29,55205
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,069767442	0,068493151	0,0909091	0,090909091	0,142857143	0,462936	0,092587	9,258718
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,11627907	0,04109589	0,0909091	0,090909091	0,142857143	0,48205	0,09641	9,641006
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,348837209	0,068493151	0,0909091	0,090909091	0,142857143	0,742006	0,148401	14,84011
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.			
QUALIDADE DOS MATERIAIS	1	0,33333333	3	3	3			
GESTÃO DOS RESÍDUOS	3	1	3	3	3			
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,33333333	0,33333333	1	1	1			
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,33333333	0,33333333	1	1	1			
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,33333333	0,33333333	1	1	1			
	5	2,33333333	9	9	9			
	MATRIZ NORMALIZADA							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.		HIERARQUIA %	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	0,2	0,142857143	0,3333333	0,33333333	0,33333333	1,342857	0,268571	26,85714
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,6	0,428571429	0,3333333	0,33333333	0,33333333	2,028571	0,405714	40,57143
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,066666667	0,142857143	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,542857	0,108571	10,85714
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,066666667	0,142857143	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,542857	0,108571	10,85714
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,066666667	0,142857143	0,11111111	0,11111111	0,11111111	0,542857	0,108571	10,85714
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.			
QUALIDADE DOS MATERIAIS	1	5	5	5	3			
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,2	1	3	3	3			
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,2	0,33333333	1	0,33333333	0,33333333			
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,2	0,33333333	3	1	1			
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,33333333	0,33333333	3	1	1			
	1,93333333	7	15	10,3333333	8,33333333			
	MATRIZ NORMALIZADA							
MATERIAIS	QUAL. MATERIAIS	G. RESÍDUOS	MAT. ALT.	MAD. CERT.PLANT.	MAT. REG. CERT.		HIERARQUIA %	
QUALIDADE DOS MATERIAIS	0,517241379	0,714285714	0,3333333	0,483870968	0,36	2,408731	0,481746	48,17463
GESTÃO DOS RESÍDUOS	0,103448276	0,142857143	0,2	0,290322581	0,36	1,096628	0,219326	21,93256
MATERIAIS ALTERNATIVOS	0,103448276	0,047619048	0,0666667	0,032258065	0,04	0,289992	0,057998	5,799841
MADEIRA CERTIFICADA OU PLANTADA	0,103448276	0,047619048	0,2	0,096774194	0,12	0,567842	0,113568	11,35683
MATERIAIS REGIONAIS OU CERTIFICADOS	0,172413793	0,047619048	0,2	0,096774194	0,12	0,636807	0,127361	12,73614
	1	1	1	1	1	5		

	MATRIZ								
PROJETO	VED.-DES. TÉRM.	ILUM. VENT.	COND. FÍS.	ACÚSTICA	ACESSIBILIDADE	PROJ. COMPL.			
VEDAÇÕES – DESEMPENHO TÉRMICO	1	1	3	1	0,33333333	0,33333333			
ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAL									
ÁREAS COMUNS E BANHEIROS	1	1	0,2	0,1428571	0,33333333	0,33333333			
ADEQUAÇÃO AS CONDICIONANTES FÍSICAS DO TERRENO	0,33333333	5	1	0,2	0,33333333	0,33333333			
ACÚSTICA	1	7	5	1	1	1			
ACESSIBILIDADE	3	3	3	1	1	1			
PROJETOS COMPLEMENTARES	3	3	3	1	1	1			
	9,33333333	20	15,2	4,3428571	4	4			
MATRIZ NORMALIZADA									
PROJETO	VED.-DES. TÉRM.	ILUM. VENT.	COND. FÍS.	ACÚSTICA	ACESSIBILIDADE	PROJ. COMPL.		HIERARQUIA %	
VEDAÇÕES – DESEMPENHO TÉRMICO	0,107142857	0,05	0,1973684	0,2302632	0,08333333	0,08333333	0,751441103	0,12524	12,52402
ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAL									
ÁREAS COMUNS E BANHEIROS	0,107142857	0,05	0,0131579	0,0328947	0,08333333	0,08333333	0,369862155	0,061644	6,164369
ADEQUAÇÃO AS CONDICIONANTES FÍSICAS DO TERRENO	0,035714286	0,25	0,0657895	0,0460526	0,08333333	0,08333333	0,564223058	0,094037	9,403718
ACÚSTICA	0,107142857	0,35	0,3289474	0,2302632	0,25	0,25	1,516353383	0,252726	25,27256
ACESSIBILIDADE	0,321428571	0,15	0,1973684	0,2302632	0,25	0,25	1,39906015	0,233177	23,31767
PROJETOS COMPLEMENTARES	0,321428571	0,15	0,1973684	0,2302632	0,25	0,25	1,39906015	0,233177	23,31767
	1	1	1	1	1	1	6		100

Matrizes geradas para a categoria ENERGIA:

	MATRIZ							
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.				
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	1	3	1				
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	1	1	3	1				
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,33333	0,33333333	1	1				
ELEVADORES EFICIENTES	1	1	1	1				
	3,33333	3,33333333	8	4				
MATRIZ NORMALIZADA								
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,3	0,3	0,375	0,25	1,225	0,30625	30,625	
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,3	0,3	0,375	0,25	1,225	0,30625	30,625	
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,1	0,1	0,125	0,25	0,575	0,14375	14,375	
ELEVADORES EFICIENTES	0,3	0,3	0,125	0,25	0,975	0,24375	24,375	
	1	1	1	1	4			

	MATRIZ							
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.				
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	1	3	3				
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	1	1	3	3				
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,33333	0,33333333	1	3				
ELEVADORES EFICIENTES	0,33333	0,33333333	0,33333333	1				
	2,66667	2,66666667	7,33333333	10				
MATRIZ NORMALIZADA								
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,375	0,375	0,409090909	0,3	1,459091	0,364773	36,47727	
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,375	0,375	0,409090909	0,3	1,459091	0,364773	36,47727	
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,125	0,125	0,136363636	0,3	0,686364	0,171591	17,15909	
ELEVADORES EFICIENTES	0,125	0,125	0,045454545	0,1	0,395455	0,098864	9,886364	
	1	1	1	1	4			

	MATRIZ						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	5	1	9			
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,2	1	0,11111111	1			
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	1	9	1	9			
ELEVADORES EFICIENTES	0,11111	1	0,11111111	1			
	2,31111	16	2,22222222	20			
	MATRIZ NORMALIZADA						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.		HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,43269	0,3125	0,45	0,45	1,645192	0,411298	41,12981
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,08654	0,0625	0,05	0,05	0,249038	0,06226	6,225962
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,43269	0,5625	0,45	0,45	1,895192	0,473798	47,37981
ELEVADORES EFICIENTES	0,04808	0,0625	0,05	0,05	0,210577	0,052644	5,264423
	1	1	1	1	4		

	MATRIZ						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	1	9	7			
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	1	1	9	7			
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,11111	0,11111111	1	0,3333333			
ELEVADORES EFICIENTES	0,14286	0,14285714	3	1			
	2,25397	2,25396825	22	15,333333			
	MATRIZ NORMALIZADA						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.		HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,44366	0,44366197	0,409090909	0,4565217	1,752937	0,438234	43,82341
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,44366	0,44366197	0,409090909	0,4565217	1,752937	0,438234	43,82341
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,0493	0,04929577	0,045454545	0,0217391	0,165785	0,041446	4,144631
ELEVADORES EFICIENTES	0,06338	0,06338028	0,136363636	0,0652174	0,328342	0,082085	8,20854
	1	1	1	1	4		

	MATRIZ						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	0,2	0,33333333	3			
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	5	1	3	3			
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	3	0,33333333	1	5			
ELEVADORES EFICIENTES	0,33333	0,33333333	0,2	1			
	9,33333	1,86666667	4,53333333	12			
	MATRIZ NORMALIZADA						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.		HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,10714	0,10714286	0,073529412	0,25	0,537815	0,134454	13,44538
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,53571	0,53571429	0,661764706	0,25	1,983193	0,495798	49,57983
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,32143	0,17857143	0,220588235	0,4166667	1,137255	0,284314	28,43137
ELEVADORES EFICIENTES	0,03571	0,17857143	0,044117647	0,0833333	0,341737	0,085434	8,543417
	1	1	1	1	4		

	MATRIZ						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	0,33333333	0,33333333	9			
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	3	1	0,33333333	9			
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	3	3	1	9			
ELEVADORES EFICIENTES	0,11111	0,11111111	0,11111111	1			
	7,11111	4,44444444	1,77777778	28			
	MATRIZ NORMALIZADA						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.		HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,14063	0,075	0,1875	0,3214286	0,724554	0,181138	18,11384
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,42188	0,225	0,1875	0,3214286	1,155804	0,288951	28,89509
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,42188	0,675	0,5625	0,3214286	1,980804	0,495201	49,52009
ELEVADORES EFICIENTES	0,01563	0,025	0,0625	0,0357143	0,138839	0,03471	3,470982
	1	1	1	1	4		

	MATRIZ						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	3	1	5			
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,33333	1	0,333333333	1			
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	1	3	1	3			
ELEVADORES EFICIENTES	0,2	1	0,333333333	1			
	2,53333	8	2,666666667	10			
	MATRIZ NORMALIZADA						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.		HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,39474	0,375	0,375	0,5	1,644737	0,411184	41,11842
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,13158	0,125	0,125	0,1	0,481579	0,120395	12,03947
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,39474	0,375	0,375	0,3	1,444737	0,361184	36,11842
ELEVADORES EFICIENTES	0,07895	0,125	0,125	0,1	0,428947	0,107237	10,72368
	1	1	1	1	4		

	MATRIZ						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	1	0,2	5			
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	1	1	0,2	1			
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	5	5	1	7			
ELEVADORES EFICIENTES	0,2	1	0,142857143	1			
	7,2	8	1,542857143	14			
	MATRIZ NORMALIZADA						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.		HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,13889	0,125	0,12962963	0,3571429	0,750661	0,187665	18,76653
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,13889	0,125	0,12962963	0,0714286	0,464947	0,116237	11,62368
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,69444	0,625	0,648148148	0,5	2,467593	0,616898	61,68981
ELEVADORES EFICIENTES	0,02778	0,125	0,092592593	0,0714286	0,316799	0,0792	7,919974
	1	1	1	1	4		

	MATRIZ						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.			
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	1	1	5	5			
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	1	1	3	3			
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,2	0,33333333	1	1			
ELEVADORES EFICIENTES	0,2	0,33333333	1	1			
	2,4	2,66666667	10	10			
	MATRIZ NORMALIZADA						
ENERGIA	IL.ARTIF.	DISP.ECON.	SIST.AQUEC.	ELEV. EFIC.		HIERARQUIA %	
ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	0,41667	0,375	0,5	0,5	1,791667	0,447917	44,79167
DISPOSITIVOS DE ECONOMIA	0,41667	0,375	0,3	0,3	1,391667	0,347917	34,79167
SISTEMAS DE AQUECIMENTO	0,08333	0,125	0,1	0,1	0,408333	0,102083	10,20833
ELEVADORES EFICIENTES	0,08333	0,125	0,1	0,1	0,408333	0,102083	10,20833
	1	1	1	1	4		

Matrizes geradas para a categoria SANEAMENTO:

	MATRIZ									
SANEAMENTO	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	3	5	3	3	1	3			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,333333333	1	3	1	3	1	1			
ÁGUAS PLUVIAIS	0,2	0,333333333	1	1	3	1	1			
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,333333333	1	1	1	3	3	3			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0,333333333	1	1	1			
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	1	1	1	0,333333333	1	1	1			
COLETA SELETIVA	0,333333333	1	1	0,333333333	1	1	1			
	3,533333333	7,666666667	12,333333333	7	15	9	11			
MATRIZ NORMALIZADA										
SANEAMENTO	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.		HIERARQUIA %	
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,283018868	0,391304348	0,405405405	0,428571429	0,2	0,111111111	0,272727273	2,092138	0,298877	29,88769
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,094339623	0,130434783	0,243243243	0,142857143	0,2	0,111111111	0,090909091	1,012895	0,144699	14,46993
ÁGUAS PLUVIAIS	0,056603774	0,043478261	0,081081081	0,142857143	0,2	0,111111111	0,090909091	0,72604	0,10372	10,37201
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,094339623	0,130434783	0,081081081	0,142857143	0,2	0,333333333	0,272727273	1,254773	0,179253	17,92533
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,094339623	0,043478261	0,027027027	0,047619048	0,066666667	0,111111111	0,090909091	0,481151	0,068736	6,873583
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,283018868	0,130434783	0,081081081	0,047619048	0,066666667	0,111111111	0,090909091	0,810841	0,115834	11,58344
COLETA SELETIVA	0,094339623	0,130434783	0,081081081	0,047619048	0,066666667	0,111111111	0,090909091	0,622161	0,08888	8,88802

	MATRIZ									
SANEAMENTO	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	5	5	1	3	1	1			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,2	1	1	1	5	1	1			
ÁGUAS PLUVIAIS	0,2	1	1	1	1	1	1			
ÁREAS PERMEÁVEIS	1	1	1	1	5	1	1			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,333333333	0,2	1	0,2	1	1	1			
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	1	1	1	1	1	1	1			
COLETA SELETIVA	1	1	1	1	1	1	1			
	4,733333333	10,2	11	6,2	17	7	7			
MATRIZ NORMALIZADA										
SANEAMENTO	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.		HIERARQUIA %	
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,211267606	0,490196078	0,454545455	0,161290323	0,176470588	0,142857143	0,142857143	1,779484	0,254212	25,4212
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,042253521	0,098039216	0,090909091	0,161290323	0,294117647	0,142857143	0,142857143	0,972324	0,138903	13,89034
ÁGUAS PLUVIAIS	0,042253521	0,098039216	0,090909091	0,161290323	0,058823529	0,142857143	0,142857143	0,73703	0,10529	10,529
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,211267606	0,098039216	0,090909091	0,161290323	0,294117647	0,142857143	0,142857143	1,141338	0,163048	16,30483
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,070422535	0,019607843	0,090909091	0,032258065	0,058823529	0,142857143	0,142857143	0,557735	0,079676	7,967648
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,211267606	0,098039216	0,090909091	0,161290323	0,058823529	0,142857143	0,142857143	0,906044	0,129435	12,94349
COLETA SELETIVA	0,211267606	0,098039216	0,090909091	0,161290323	0,058823529	0,142857143	0,142857143	0,906044	0,129435	12,94349

	MATRIZ									
SANEAMENTO	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	5	0,2	0,2	1	0,111111111	1			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,2	1	0,142857143	0,142857143	1	0,111111111	3			
ÁGUAS PLUVIAIS	5	7	1	1	7	1	9			
ÁREAS PERMEÁVEIS	5	7	1	1	7	1	9			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	1	1	0,142857143	0,142857143	1	0,111111111	1			
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	9	9	1	1	9	1	9			
COLETA SELETIVA	1	0,333333333	0,111111111	0,111111111	1	0,111111111	1			
	22,2	30,333333333	3,596825397	3,596825397	27	3,444444444	33			
MATRIZ NORMALIZADA										
SANEAMENTO	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.		HIERARQUIA %	
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,045045045	0,164835165	0,05560459	0,05560459	0,037037037	0,032258065	0,03030303	0,420688	0,060098	6,009822
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,009090909	0,032967033	0,039717564	0,039717564	0,037037037	0,032258065	0,090909091	0,281615	0,040231	4,023077
ÁGUAS PLUVIAIS	0,225225225	0,230769231	0,278022948	0,278022948	0,259259259	0,290322581	0,272727273	1,834349	0,26205	26,20499
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,225225225	0,230769231	0,278022948	0,278022948	0,259259259	0,290322581	0,272727273	1,834349	0,26205	26,20499
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,045045045	0,032967033	0,039717564	0,039717564	0,037037037	0,032258065	0,03030303	0,257045	0,036721	3,672076
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,405405405	0,296703297	0,278022948	0,278022948	0,333333333	0,290322581	0,272727273	2,154538	0,307791	30,77911
COLETA SELETIVA	0,045045045	0,010989011	0,030891439	0,030891439	0,037037037	0,032258065	0,03030303	0,217415	0,031059	3,10593

	MATRIZ									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	5	5	5	9	1	5			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,2	1	0,333333333	0,333333333	1	0,2	1			
ÁGUAS PLUVIAIS	0,2	3	1	1	3	0,142857143	1			
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,2	3	1	1	1	0,142857143	3			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,111111111	1	0,333333333	1	1	0,142857143	1			
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	1	5	7	7	7	1	7			
COLETA SELETIVA	0,2	1	0,333333333	1	0,142857143	1	1			
	2,911111111	19	15,66666667	15,66666667	23	2,771428571	19			
	MATRIZ NORMALIZADA									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			HIERARQUIA %
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,34351145	0,263157895	0,319148936	0,319148936	0,391304348	0,360824742	0,263157895	2,260254	0,322893	32,28935
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,06870229	0,052631579	0,021276596	0,021276596	0,043478261	0,072164948	0,052631579	0,332162	0,047452	4,745169
ÁGUAS PLUVIAIS	0,06870229	0,157894737	0,063829787	0,063829787	0,130434783	0,051546392	0,052631579	0,588869	0,084124	8,412419
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,06870229	0,157894737	0,063829787	0,063829787	0,043478261	0,051546392	0,157894737	0,607176	0,086739	8,673943
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,038167939	0,052631579	0,021276596	0,063829787	0,043478261	0,051546392	0,052631579	0,323562	0,046223	4,622316
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,34351145	0,263157895	0,446808511	0,446808511	0,304347826	0,360824742	0,368421053	2,53388	0,361983	36,19829
COLETA SELETIVA	0,06870229	0,052631579	0,063829787	0,021276596	0,043478261	0,051546392	0,052631579	0,354096	0,050585	5,058521

	MATRIZ									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	0,2	0,2	1	0,333333333	0,333333333	0,2			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	5	1	1	1	1	1	1			
ÁGUAS PLUVIAIS	5	1	1	1	1	1	0,333333333			
ÁREAS PERMEÁVEIS	1	1	1	1	1	0,333333333	1			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	3	1	1	1	1	0,333333333	1			
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	3	1	1	3	3	1	3			
COLETA SELETIVA	5	1	3	1	1	0,333333333	1			
	23	6,2	8,2	9	8,333333333	4,333333333	7,533333333			
	MATRIZ NORMALIZADA									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			HIERARQUIA %
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,043478261	0,032258065	0,024390244	0,111111111	0,04	0,076923077	0,026548673	0,354709	0,050673	5,067278
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,217391304	0,161290323	0,12195122	0,111111111	0,12	0,230769231	0,132743363	1,095257	0,156465	15,64652
ÁGUAS PLUVIAIS	0,217391304	0,161290323	0,12195122	0,111111111	0,12	0,230769231	0,044247788	1,006761	0,143823	14,3823
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,043478261	0,161290323	0,12195122	0,111111111	0,12	0,076923077	0,132743363	0,767497	0,109642	10,96425
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,130434783	0,161290323	0,12195122	0,111111111	0,12	0,076923077	0,132743363	0,854454	0,122065	12,20648
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,130434783	0,161290323	0,12195122	0,333333333	0,36	0,230769231	0,398230088	1,736009	0,248001	24,80013
COLETA SELETIVA	0,217391304	0,161290323	0,365853659	0,111111111	0,12	0,076923077	0,132743363	1,185313	0,16933	16,93304

	MATRIZ									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	5	3	1	1	1	0,333333333			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,2	1	0,333333333	0,333333333	0,2	0,142857143	0,111111111			
ÁGUAS PLUVIAIS	0,333333333	3	1	0,333333333	0,142857143	0,2	0,142857143			
ÁREAS PERMEÁVEIS	1	3	3	1	0,2	0,2	0,111111111			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	1	5	7	5	1	1	1			
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	1	7	5	5	1	1	1			
COLETA SELETIVA	3	9	7	9	1	1	1			
	7,533333333	33	26,33333333	21,66666667	4,542857143	4,542857143	3,698412698			
	MATRIZ NORMALIZADA									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			HIERARQUIA %
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,132743363	0,151515152	0,113924051	0,046153846	0,220125786	0,220125786	0,090128755	0,974717	0,139245	13,92452
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,026548673	0,03030303	0,012658228	0,015384615	0,044025157	0,031446541	0,030042918	0,190409	0,027201	2,720131
ÁGUAS PLUVIAIS	0,044247788	0,090909091	0,037974684	0,015384615	0,031446541	0,044025157	0,038626609	0,302614	0,043231	4,323064
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,132743363	0,090909091	0,113924051	0,046153846	0,044025157	0,044025157	0,030042918	0,501824	0,071689	7,168908
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,132743363	0,151515152	0,265822785	0,230769231	0,220125786	0,270386266	1,491488	0,21307	0,21307	21,30698
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,132743363	0,212121212	0,189873418	0,230769231	0,220125786	0,220125786	0,270386266	1,476145	0,210878	21,08779
COLETA SELETIVA	0,398230088	0,272727273	0,265822785	0,415384615	0,220125786	0,220125786	0,270386266	2,062803	0,294686	29,46861

	MATRIZ									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	9	5	5	7	3	3			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,11111111	1	0,2	0,2	0,2	0,142857143	0,142857143			
ÁGUAS PLUVIAIS	0,2	5	1	3	3	0,333333333	0,333333333			
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,2	5	0,333333333	1	1	0,333333333	0,333333333			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,142857143	5	0,333333333	1	1	0,333333333	0,333333333			
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,333333333	7	3	3	3	1	1			
COLETA SELETIVA	0,333333333	7	3	3	3	1	1			
	2,320634921	39	12,86666667	16,2	18,2	6,142857143	6,142857143			
	MATRIZ NORMALIZADA									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
SANEAMENTO										HIERARQUIA %
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,430916553	0,230769231	0,388601036	0,308641975	0,384615385	0,488372093	0,488372093	2,720288	0,388613	38,86126
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,047879617	0,025641026	0,015544041	0,012345679	0,010989011	0,023255814	0,023255814	0,158911	0,022702	2,270157
ÁGUAS PLUVIAIS	0,086183311	0,128205128	0,077720207	0,185185185	0,164835165	0,054263566	0,054263566	0,750656	0,107237	10,72366
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,086183311	0,128205128	0,025906736	0,061728395	0,054945055	0,054263566	0,054263566	0,465496	0,066499	6,649939
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,061559508	0,128205128	0,025906736	0,061728395	0,054945055	0,054263566	0,054263566	0,440872	0,062982	6,298171
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,143638851	0,179487179	0,233160622	0,185185185	0,164835165	0,162790698	0,162790698	1,231888	0,175984	17,59841
COLETA SELETIVA	0,143638851	0,179487179	0,233160622	0,185185185	0,164835165	0,162790698	0,162790698	1,231888	0,175984	17,59841

	MATRIZ									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	1	1	1	1	1	1			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	1	1	7	3	1	1	1			
ÁGUAS PLUVIAIS	1	0,142857143	1	1	1	1	1			
ÁREAS PERMEÁVEIS	1	0,333333333	1	1	1	1	1			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	1	1	1	1	1	1	1	7		
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	1	1	1	1	1	1	1	1		
COLETA SELETIVA	1	1	1	1	0,142857143	1	1	1		
	7	5,476190476	13	9	6,142857143	7	13			
	MATRIZ NORMALIZADA									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			HIERARQUIA %
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,142857143	0,182608696	0,076923077	0,111111111	0,162790698	0,142857143	0,076923077	0,896071	0,12801	12,80101
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,142857143	0,182608696	0,538461538	0,333333333	0,162790698	0,142857143	0,076923077	1,579832	0,22569	22,56902
ÁGUAS PLUVIAIS	0,142857143	0,026086957	0,076923077	0,111111111	0,162790698	0,142857143	0,076923077	0,739549	0,10565	10,56499
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,142857143	0,060869565	0,076923077	0,111111111	0,162790698	0,142857143	0,076923077	0,774332	0,110619	11,06188
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,142857143	0,182608696	0,076923077	0,111111111	0,162790698	0,142857143	0,538461538	1,357609	0,193944	19,39442
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,142857143	0,182608696	0,076923077	0,111111111	0,162790698	0,142857143	0,076923077	0,896071	0,12801	12,80101
COLETA SELETIVA	0,142857143	0,182608696	0,076923077	0,111111111	0,023255814	0,142857143	0,076923077	0,756536	0,108077	10,80766

	MATRIZ									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	1	1	0,333333333	0,111111111	0,2	0,142857143	0,111111111			
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	1	1	0,333333333	0,111111111	0,142857143	0,111111111	0,111111111			
ÁGUAS PLUVIAIS	3	3	1	0,111111111	1	0,142857143	0,142857143			
ÁREAS PERMEÁVEIS	9	9	9	1	9	1	1			
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	5	7	1	0,111111111	1	0,142857143	0,142857143			
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	7	9	7	1	7	1	1			
COLETA SELETIVA	9	9	7	1	7	1	1			
	35	39	25,66666667	3,444444444	25,34285714	3,53968254	3,507936508			
	MATRIZ NORMALIZADA									
	M.I.ÁGUA	DISP. ECON.	ÁG. PLUVIAIS	Á. PERM.	IR. EFIC.	EFL. LÍQUID.	COL. SELET.			HIERARQUIA %
SANEAMENTO										
MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA ÁGUA	0,028571429	0,025641026	0,012987013	0,032258065	0,00789177	0,040358744	0,031674208	0,179382	0,025626	2,562604
DISPOSITIVOS ECONOMIZADORES	0,028571429	0,025641026	0,012987013	0,032258065	0,005636979	0,031390135	0,031674208	0,168159	0,024023	2,402269
ÁGUAS PLUVIAIS	0,085714286	0,076923077	0,038961039	0,032258065	0,03945885	0,040358744	0,040723982	0,354398	0,050628	5,062829
ÁREAS PERMEÁVEIS	0,257142857	0,230769231	0,350649351	0,290322581	0,355129651	0,282511211	0,285067873	2,051593	0,293085	29,30847
IRRIGAÇÃO EFICIENTE	0,142857143	0,179487179	0,038961039	0,032258065	0,03945885	0,040358744	0,040723982	0,514105	0,073444	7,344357
DESCARTE - EFLUENTES LÍQUIDOS	0,2	0,230769231	0,272727273	0,290322581	0,27621195	0,282511211	0,285067873	1,83761	0,262516	26,25157
COLETA SELETIVA	0,257142857	0,230769231	0,272727273	0,290322581	0,27621195	0,282511211	0,285067873	1,894753	0,270679	27,0679

APÊNDICE C – REGRAS PARA O SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY

Sendo:

CATEGORIAS
C1 = INTEGRAÇÃO URBANA
C2= SANEAMENTO
C3 = PROJETO
C4 = ENERGIA
C5=MATERIAIS

	% DOS PONTOS
BAIXO	0,01- 0,37
MÉDIO	0,38 - 0,75
ALTO	0,76 - 1,0

60 Regras:

Grupo 01			Grupo 02		Classificação
C1	C2	C3	C4	C5	SUSTENTÁVEL
A	A	A	A	A	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	A	M	M	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	A	A	M	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	A	B	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	A	A	B	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	A	M	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	M	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	B	B	POUCO SUSTENTÁVEL
M	M	M	A	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	M	M	B	POUCO SUSTENTÁVEL
A	A	M	A	A	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	M	M	M	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	M	A	M	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	M	B	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	M	A	B	MUITO SUSTENTÁVEL
A	A	M	M	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	A	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	A	M	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	A	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	A	B	B	POUCO SUSTENTÁVEL
M	M	A	A	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	A	M	B	POUCO SUSTENTÁVEL
A	M	B	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	M	B	M	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	M	B	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	M	B	B	B	POUCO SUSTENTÁVEL

B	B	B	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
B	B	B	M	M	POUCO SUSTENTÁVEL
B	B	B	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
B	B	B	B	B	POUCO SUSTENTÁVEL
B	B	B	A	B	POUCO SUSTENTÁVEL
B	B	B	M	B	POUCO SUSTENTÁVEL
B	B	A	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
B	B	A	M	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
B	B	A	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
B	B	A	B	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
B	B	A	A	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
B	B	A	M	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	B	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	B	M	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	B	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	B	B	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	B	A	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
A	A	B	M	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	B	B	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	B	B	M	M	POUCO SUSTENTÁVEL
M	B	B	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	B	B	B	B	POUCO SUSTENTÁVEL
M	B	B	A	B	POUCO SUSTENTÁVEL
M	B	B	M	B	POUCO SUSTENTÁVEL
M	M	B	A	A	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	B	M	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	B	A	M	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	B	B	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	B	A	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL
M	M	B	M	B	PARCIALMENTE SUSTENTÁVEL

ANEXO A – CATEGORIAS E CRITÉRIOS DOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO NACIONAIS ESTUDADOS

SELO CASA AZUL CAIXA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
1. QUALIDADE URBANA	A inserção do empreendimento em malha urbana contribui para que os recursos públicos e privados possam ser direcionados para a melhoria dos serviços já existentes
1.1 Qualidade do Entorno - Infraestrutura	Proporcionar aos moradores qualidade de vida, considerando a existência de infraestrutura, serviços, equipamentos comunitários e comércio disponíveis no entorno do empreendimento.
1.2 Qualidade do Entorno - Impactos	Buscar o bem-estar, a segurança e a saúde dos moradores, considerando o impacto do entorno em relação ao empreendimento em análise.
1.3 Melhorias no Entorno	Incentivar ações para melhorias estéticas, funcionais, paisagísticas e de acessibilidade no entorno do empreendimento.
1.4 Recuperação de Áreas Degradadas	Incentivar a recuperação de áreas social e/ou ambientalmente degradadas.
1.5 Reabilitação de Imóveis	Incentivar a reabilitação de edificações e a ocupação de vazios urbanos, especialmente nas áreas centrais, de modo a devolver ao meio ambiente, ao ciclo econômico e à dinâmica urbana uma edificação ou área antes em desuso, impossibilitada de uso ou subutilizada.
2. PROJETO E CONFORTO	Aspectos relacionados ao planejamento e à concepção do projeto do empreendimento, considerando-se, principalmente, as ações relativas à adaptação da edificação às condições climáticas, às características físicas e geográficas locais, bem como a previsão de espaços na edificação destinados a usos e fins específicos.
2.1 Paisagismo	Auxiliar no conforto térmico e visual do empreendimento, mediante regulação de umidade, sombreamento vegetal e uso de elementos paisagísticos.
2.2 Flexibilidade de Projeto	Permitir o aumento da versatilidade da edificação, por meio de modificação de projeto e futuras ampliações, adaptando-se às necessidades do usuário.
2.3 Relação com a Vizinhança	Minimizar os impactos negativos do empreendimento sobre a vizinhança.
2.4 Solução Alternativa de Transporte	Incentivar o uso, pelos condôminos, de meios de transporte menos poluentes, visando a reduzir o impacto produzido pelo uso de veículos automotores.
2.5 Local para Coleta Seletiva	Possibilitar a realização da separação dos recicláveis (resíduos sólidos domiciliares – RSD) nos empreendimentos.
2.6 Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos obrigatório	Incentivar práticas saudáveis de convivência e entretenimento dos moradores, mediante a implantação de equipamentos de lazer, sociais e esportivos nos empreendimentos.
2.7 Desempenho Térmico - Vedações	Proporcionar ao usuário melhores condições de conforto térmico, conforme as diretrizes gerais para projeto correspondentes à zona bioclimática do local do empreendimento, controlando-se a ventilação e a radiação solar que ingressa pelas aberturas ou que é absorvida pelas vedações externas da edificação.

SELO CASA AZUL CAIXA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
2.8 Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos	Proporcionar ao usuário condições de conforto térmico mediante estratégias de projeto, conforme a zona bioclimática do local do empreendimento, considerando-se a implantação da edificação em relação à orientação solar, aos ventos dominantes e à interferência de elementos físicos do entorno, construídos ou naturais.
2.9 Iluminação Natural de Áreas Comuns	Melhorar a salubridade do ambiente, além de reduzir o consumo de energia mediante iluminação natural nas áreas comuns, escadas e corredores dos edifícios.
2.10 Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros	Melhorar a salubridade do ambiente, além de reduzir o consumo de energia nas áreas dos banheiros.
2.11 Adequação às Condições Físicas do Terreno	Minimizar o impacto causado pela implantação do empreendimento na topografia e em relação aos elementos naturais do terreno.
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	Busca a economia no uso da energia elétrica
3.1 Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas	Reduzir o consumo de energia elétrica mediante o uso de lâmpadas eficientes.
3.2 Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns	Reduzir o consumo de energia elétrica mediante a utilização de dispositivos economizadores e/ou lâmpadas eficientes nas áreas comuns.
3.3 Sistema de Aquecimento Solar	Reduzir o consumo de energia elétrica ou de gás para o aquecimento de água.
3.4 Sistemas de Aquecimento à Gás	Reduzir o consumo de gás com o equipamento.
3.5 Medição Individualizada - Gás	Proporcionar aos moradores o gerenciamento do consumo de gás da sua unidade habitacional, conscientizando-os sobre seus gastos e possibilitando a redução do consumo.
3.6 Elevadores Eficientes	Reduzir o consumo de energia elétrica com a utilização de sistemas operacionais eficientes na edificação.
3.7 Eletrodomésticos Eficientes	Reduzir o consumo de energia com eletrodomésticos.
3.8 Fontes Alternativas de Energia	Proporcionar menor consumo de energia por meio da geração e conservação por fontes renováveis.
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS	Busca o uso de materiais mais adequados utilizando-se de uma boa gestão na execução
4.1 Coordenação Modular	Reduzir as perdas de materiais pela necessidade de cortes, ajustes de componentes e uso de material de enchimento; aumentar a produtividade da construção civil e reduzir o volume de RCD.
4.2 Qualidade de Materiais e Componentes	Evitar o uso de produtos de baixa qualidade, melhorando o desempenho e reduzindo o desperdício de recursos naturais e financeiros em reparos desnecessários, além de melhorar as condições de competitividade dos fabricantes que operam em conformidade com a normalização.

SELO CASA AZUL CAIXA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
4.3 Componentes Industrializados ou Pré-fabricados	Reduzir as perdas de materiais e a geração de resíduos, colaborando para a redução do consumo de recursos naturais pelo emprego de componentes industrializados.
4.4 Formas e Escoras Reutilizáveis	Reduzir o emprego de madeira em aplicações de baixa durabilidade, que constituem desperdício, e incentivar o uso de materiais reutilizáveis.
4.5 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	Reduzir a quantidade de resíduos de construção e demolição e seus impactos no meio ambiente urbano e nas finanças municipais, por meio da promoção ao respeito das diretrizes estabelecidas nas Resoluções nº 307 e nº 348 do Conama (BRASIL, 2002 e 2004).
4.6 Concreto com Dosagem Otimizada	Otimizar o uso do cimento na produção de concretos estruturais, por meio de processos de dosagem e produção controlados e de baixa variabilidade, sem redução da segurança estrutural, preservando recursos naturais escassos e reduzindo as emissões de CO ₂ .
4.7 Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)	Redução das emissões de CO ₂ associadas à produção do clínquer de cimento Portland e redução do uso de recursos naturais não renováveis através de sua substituição por resíduos (escórias e cinzas volantes) ou materiais abundantes (pozolana produzida com argila calcinada).
4.8 Pavimentação com RCD	Reduzir a pressão sobre recursos naturais não renováveis por meio do uso de materiais reciclados e pela promoção de mercado de agregados reciclados.
4.9 Facilidade de Manutenção da Fachada	Reduzir a demanda por madeiras nativas de florestas não manejadas pela promoção do uso de madeira de espécies exóticas plantadas ou madeira nativa certificada.
4.10 Madeira Plantada ou Certificada	Reduzir as atividades de manutenção e os impactos ambientais associados à pintura frequente da fachada, que apresentam custos elevados, particularmente para moradores de habitação de interesse social.
5. GESTÃO DA ÁGUA	Economia e conservação do recurso natural água
5.1 Medição Individualizada - Água	Possibilitar aos usuários o gerenciamento do consumo de água de sua unidade habitacional, de forma a facilitar a redução de consumo.
5.2 Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga	Proporcionar a redução do consumo de água.
5.3 Dispositivos Economizadores - Arejadores	Proporcionar a redução do consumo de água e maior conforto ao usuário, propiciado pela melhor dispersão do jato em torneiras.
5.4 Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão	Proporcionar a redução do consumo de água nos demais pontos de utilização.
5.5 Aproveitamento de Águas Pluviais	Reduzir o consumo de água potável para determinados usos, tais como em bacia sanitária, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos, lavagem de veículos e espelhos d'água.

SELO CASA AZUL CAIXA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
5.6 Retenção de Águas Pluviais	Permitir o escoamento das águas pluviais de modo controlado, com vistas a prevenir o risco de inundações em regiões com alta impermeabilização do solo e desonerar as redes públicas de drenagem.
5.7 Infiltração de Águas Pluviais	Permitir o escoamento de águas pluviais de modo controlado ou favorecer a sua infiltração no solo, com vistas a prevenir o risco de inundações, reduzir a poluição difusa, amenizar a solicitação das redes públicas de drenagem e propiciar a recarga do lençol freático.
5.8 Áreas Permeáveis	Manter, tanto quanto possível, o ciclo da água com a recarga do lençol freático, prevenir o risco de inundações em áreas com alta impermeabilização do solo e amenizar a solicitação das redes públicas de drenagem urbana.

Fonte: Adaptado de Caixa (2010)

REFERENCIAL GBC BRASIL CASA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
IMPLANTAÇÃO (IMP)	Os créditos desta sessão abordam questões presentes em todas as fases de projeto, desde sua concepção até os acabamentos finais, levando em consideração as preocupações ambientais relacionadas à seleção do terreno, administração da atividade de construção, orientação do projeto, conexão com a cidade previamente desenvolvida e redução dos impactos ambientais.
IMP PR1: Controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da Construção	Minimizar danos ambientais de longo prazo no lote do edifício, durante o processo de construção.
IMP PR2: Orientação de Projeto – Carta Solar	Conhecer as necessidades ambientais da edificação a ser construída e trabalhar nas decisões projetuais, em função da excelência do projeto arquitetônico, por meio de conceitos básicos de insolação e da aplicação da Carta Solar.
IMP PR3: Não utilizar Plantas Invasoras	Utilizar, no paisagismo local, plantas que não sejam invasoras.
IMP CR1: Desenvolvimento Urbano Certificado (ou IMP2 a IMP6)	Minimizar o impacto ambiental de práticas de desenvolvimento em terrenos, construindo residências em núcleos de desenvolvimento urbano já certificados.
IMP CR 2: Seleção do Terreno	Minimizar o impacto ambiental de práticas de desenvolvimento em terrenos, construindo residências em núcleos de desenvolvimento urbano já certificados.
IMP CR 3: Localização Preferencialmente Desenvolvida	Incentivar a construção de casas certificadas próximas de comunidades já existentes.
IMP CR 4: Infraestrutura de Água e Saneamento Básico	Incentivar a construção de casas certificadas próximas a áreas que já possuam rede de infraestrutura existente (rede de tratamento de esgoto e de abastecimento de água)
IMP CR5: Proximidade a Recursos Comunitários e Transporte Público	Incentivar a construção de casas certificadas com padrões de desenvolvimento que permitam caminhar, pedalar bicicleta ou utilizar o transporte público de qualidade, minimizando, assim, a dependência de automóveis pessoais e suas associações aos impactos ambientais.
IMP CR6: Acesso a Espaço Aberto	Providenciar espaços abertos para estimular passeios, atividades físicas e recreativas nas áreas externas.
IMP CR7: Administração do Canteiro	Minimizar danos ambientais ao edifício, em longo prazo, durante o processo de construção.
IMP CR8: Paisagismo	Especificar no projeto de paisagismo espécies vegetais pertencentes ao ecossistema local. Essa estratégia reduz a demanda de água, pois espécies nativas da região são mais adaptadas às condições pluviais locais e promovem a biodiversidade.
IMP CR9: Redução de Ilha de Calor – Áreas de Piso e Cobertura	Projetar as características da paisagem de forma a reduzir os efeitos locais de ilhas de calor.
IMP CR 10.1: Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais – Quantidade	Restituir o ciclo hidrológico natural, por meio da redução de superfícies impermeáveis, aumentando a infiltração das águas pluviais no solo, diminuindo o volume escoado e as vazões de pico na superfície do terreno.

REFERENCIAL GBC BRASIL CASA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
IMP CR 10.2: Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais – Qualidade	Melhorar a qualidade das águas pluviais captadas, removendo, reduzindo as áreas impermeáveis e aumentando a infiltração; eliminar fontes contaminadoras e remover poluentes provenientes do escoamento gerado por precipitações.
IMP CR11: Controle de Pragas sem Produtos Tóxicos	Projetar características na residência que minimizem a necessidade do uso de controle de pesticidas para o controle de insetos, roedores, aracnídeos, aves oportunistas e outros animais sinantrópicos.
IMP CR12: Implantação Compacta	Fazer uso de padrões de desenvolvimento compacto para conservar a terra e promover comunidades habitáveis, eficiência no transporte e passeios públicos de qualidade.
Uso Racional da Água (URA)	Esta categoria de créditos aborda as preocupações ambientais relacionadas ao consumo interno e especificação de equipamentos, medição, setorização e sistemas de irrigação.
URA PR1: Uso Racional da Água – Básico	Reduzir a demanda por água através da utilização de produtos hidrossanitários eficientes.
URA PR2: Medição Única do Consumo de Água	Prover o sistema hidráulico predial de água fria de medidores do consumo de água, de tal forma a possibilitar o gerenciamento do uso da água na edificação, por meio da aquisição de dados (preferencialmente de maneira automática e remota), auxiliando no desenvolvimento de ações de conservação desse insumo.
URA CR1: Uso Racional da Água – Otimizado	Reduzir o consumo de água potável e aumentar a eficiência hídrica dentro dos edifícios, minimizando a carga imposta sobre o sistema público de distribuição de água potável.
URA CR2: Medição Setorizada do Consumo de Água	Monitorar o consumo de água nas áreas complementares e externas à edificação, bem como o consumo de água não potável, de forma a possibilitar o gerenciamento de seu uso pela obtenção de dados mais precisos, auxiliando no desenvolvimento de ações de conservação desses insumos.
URA CR3: Sistemas de Irrigação Eficiente	Minimizar a demanda de água potável para aplicações externas por meio do uso eficiente da água para fins de irrigação.
Energia e Atmosfera (EA)	Os créditos desta sessão tratam de assuntos relacionados ao desempenho energético residencial, como qualidade das instalações elétricas (a fim de dimensionar o sistema de forma a trabalhar mais economicamente e por questões de segurança da instalação), iluminação, envoltória, equipamentos eletroeletrônicos e energia passiva e renovável.
EA PR1: Desempenho da Envoltória	Possuir eficiência mínima da envoltória da edificação, para a determinação da sua eficiência, considerando a obrigação de zelar pela “eficiência energética das edificações residenciais”, conforme Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012, pelo Instituto de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO.
EA PR2: Fontes de Aquecimento de Água Eficientes	Reduzir o consumo de energia necessária para o aquecimento de água, bem como perdas térmicas relativas à distribuição de água quente, diminuindo assim, a carga de energia demandada pelas edificações.
EA PR3: Qualidade das Instalações Elétricas de Baixa Tensão	Promover a qualidade das instalações elétricas e estabelecer parâmetros para a realização da inspeção visual, bem como assegurar a proteção do consumidor e patrimonial, visando obter uma construção eficiente do ponto de vista energético.

REFERENCIAL GBC BRASIL CASA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
EA PR4: Iluminação Artificial – Básica	Reduzir o consumo energético associado à iluminação interior e exterior da residência.
EA CR1: Desempenho Energético Aprimorado	Aprimorar o desempenho energético da residência, em comparação com os requisitos estipulados para o Edifício Base (<i>baseline</i>) de residências eficientes, reduzindo assim, os impactos econômicos e ambientais relacionados com o uso excessivo de energia.
EA CR2: Obter a etiqueta PBE Edifica (ou EA3 e EA4)	Receber a etiqueta PBE Edifica, atendendo o nível A de eficiência na ENCE geral, conforme descrito na normativa do PBE Edifica.
EA CR3: Atender Nível A do PBE Edifica	Determinar a eficiência do edifício, pelos métodos prescritivos ou por simulação computacional, atendendo o nível A de eficiência na ENCE geral, conforme descrito na normativa do PBE Edifica.
EA CR4: Fontes Eficientes de Aquecimento Solar	Incentivar a adoção de fontes de energia renovável, promovendo a redução do consumo de energia utilizada para o aquecimento de água, por meio da utilização de Sistemas de Aquecimento Solar (SAS), ou por meio de Sistemas de Recuperação de Calor e reduzir as perdas térmicas relativas à distribuição de água quente, diminuindo a carga energética demandada pelos edifícios.
EA CR5: Iluminação Artificial – Otimizada	Reduzir o consumo energético associado à iluminação interior e ao exterior da residência.
EA CR6: Gerenciamento do Gás Refrigerante Residencial	Selecionar e testar gases refrigerantes do ar condicionado para garantir o desempenho e minimizar as contribuições de danos para a camada de ozônio, aumentando o aquecimento global.
EA CR7: Equipamentos Eletroeletrônicos Eficientes	Incentivar os proprietários e os usuários de residências a optarem pela aquisição de equipamentos eletroeletrônicos eficientes, para o uso próprio, assim como pela instalação desses equipamentos nas áreas comuns dos condomínios.
EA CR8: Energia Renovável	Incentivar a adoção de energias renováveis (geração no local) nas residências, de forma a reduzir o consumo e o impacto ambiental associado ao consumo de energia.
EA CR9: Comissionamento dos Sistemas Instalados	Certificar que os sistemas relacionados à área de energia estão instalados, calibrados e obedecem às características de desempenho, conforme os requisitos do projeto do proprietário, as bases para a contratação do projeto e os documentos necessários à construção.
EA CR10: Medição e Verificação	Proporcionar os dispositivos para a verificação e a contabilização contínua do consumo de água e energia do edifício ao longo do tempo.
Materiais e Recursos (MR)	Esta categoria de créditos aborda as preocupações ambientais relacionadas à seleção de materiais, disposição de resíduos e redução de geração de resíduos.
MR PR1: Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção	Reduzir o volume de resíduos sólidos dispostos em aterros (rejeitos), estimulando sua reutilização na forma bruta ou após reciclagem, como agregados reciclados na própria obra ou no ambiente urbano em que estiverem inseridos.
MR PR2: Madeira Legalizada	Inibir a extração de madeira de florestas primitivas e a comercialização de madeiras ilegais.

REFERENCIAL GBC BRASIL CASA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
MR CR1: Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação	Fomentar a reutilização ou a reciclagem dos resíduos da construção, em substituição aos agregados naturais e propiciar a redução da necessidade de utilização de aterros para a disposição final de resíduos. Preparar a unidade residencial e as instalações condominiais para a destinação diferenciada dos resíduos gerados nas atividades domésticas.
MR CR2: Madeira Certificada	Incentivar a utilização da madeira certificada, por meio do emprego de produtos provenientes de espécies nativas devidamente legalizadas ou de espécies exóticas de rápido crescimento (reflorestamento), e, conseqüentemente, promover o manejo sustentável em toda a cadeia produtiva madeireira.
MR CR3: Materiais Ambientalmente Preferíveis	Utilizar materiais incorporados ou não à construção que sejam regionais, provenientes de reuso, com conteúdo reciclado, de rápida renovação e recicláveis, visando reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO2) e a extração de recursos naturais não renováveis.
MR CR4: Controle de Materiais Contaminantes	Diminuir a produção de materiais com conteúdo contaminantes e perigosos, persistentes bioacumulativos e tóxicos (PBT's), com odor potencialmente irritante, forte ou que possam causar lesão, desconforto ou mal-estar aos ocupantes, usuários, instaladores e operários da construção, controlando seus níveis de utilização, dentro de limites estipulados pela legislação.
MR CR5: Materiais Certificados	Estimular o uso de materiais que possuam algum tipo de certificado brasileiro ou internacional.
MR CR6.1: Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Sistemas Estruturais	Utilização de projetos modulares e sistemas desmontáveis para minimizar os resíduos gerados pelos sistemas estruturais na construção civil.
MR CR6.2: Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Sistemas Não-estruturais	Adoção de técnicas de projeto e procedimentos para minimizar os resíduos gerados na construção pelos elementos não estruturais.
Qualidade Ambiental Interna (QAI)	Os créditos relacionados com Qualidade Ambiental Interna incentivam construtores e projetistas a evitarem a poluição do ar e a melhorarem a qualidade e conforto dos ambientes.
QAI PR1: Controle de Emissão de Gases de Combustão	Reduzir, ao mínimo, as emissões de gases nos espaços internos ocupados das habitações.
QAI PR2: Ventilação Natural e Exaustão Localizada – Básica	Reduzir o mofo e a exposição a poluentes internos em cozinhas e banheiros.
QAI CR1: Conforto Ambiental Interno	Estabelecer parâmetros de conforto ambiental dentro das residências, para as distintas estações do ano e regiões brasileiras.
QAI CR2: Controle de Umidade Local	Controlar os níveis de umidade no interior da residência para proporcionar conforto, reduzir o risco de mofo e aumentar a sua durabilidade.
QAI CR3: Exaustão Localizada-Automatiz.	Promover a exaustão automatizada para reduzir o mofo e a exposição a poluentes internos em cozinhas e banheiros.

REFERENCIAL GBC BRASIL CASA	
CATEGORIAS / CRITÉRIOS	OBJETIVOS
QAI CR4: Controle de Partículas Contaminantes	Reduzir a exposição dos ocupantes da residência e dos trabalhadores da construção civil aos contaminantes do ar, por meio do controle e da remoção das fontes de contaminação.
QAI CR5: Proteção de Poluentes Provenientes da Garagem	Reduzir a exposição dos ocupantes da residência e dos trabalhadores da construção civil aos contaminantes do ar, por meio do controle e da remoção das fontes de contaminação.
QAI CR6: Proteção ao Radônio – Áreas de grande risco	Reduzir a exposição dos ocupantes da residência ao gás radônio e a outros gases contaminantes provenientes do subsolo.
QAI CR7: Acústica	Reduzir a propagação de ruídos externos e o efeito prejudicial que causam nos ambientes de maior permanência da residência.
Inovação e Projeto (IP)	Esta categoria incentiva o projeto integrado e planejado, o gerenciamento da qualidade visando durabilidade, a realização do manual do usuário, o desenvolvimento de uma declaração ambiental de produto e inovação nas práticas de sustentabilidade. Também aborda a obtenção de desempenho exemplar nas outras categorias relacionadas neste Referencial e a importância da participação de um profissional credenciado, que possui conhecimentos na área de sustentabilidade e gestão integrada de projetos, para melhorar o processo de projeto e obra das construções atuais e que visam certificação.
IP CR1: Projeto Integrado e Planejamento	Maximizar oportunidades para integração, custo efetivo da adoção de projetos verde e estratégias de construção.
IP CR2: Gerenciamento da Qualidade, visando a Durabilidade	Aumentar a durabilidade e o desempenho da envoltória da residência, bem como de seus componentes e sistemas, por meio de um projeto adequado, da seleção de materiais e de práticas de construção convenientes.
IP CR3: Manual do Usuário	Desenvolver um guia que contenha informações sobre o projeto e obra da residência, assim como informações sobre os equipamentos e sistemas instalados e como operá-los, para que a mesma mantenha seu desempenho elevado ao longo de sua vida útil.
IP CR4: Declaração Ambiental de Produto	Incentivar o uso de produtos e materiais que possuam informação sobre seu ciclo de vida disponível e que possuam baixo impacto ambiental, social e econômico. A equipe de projeto deve selecionar produtos de fabricantes que tenham verificado melhorias no impacto de ciclo de vida de seus produtos.
IP CR5: Inovação e Projeto	Minimizar o impacto ambiental da residência por meio da incorporação de técnicas sustentáveis e medidas construtivas que tenham benefícios tangíveis e demonstráveis, além dos créditos descritos dentro deste Referencial.

Fonte: Adaptado de Referencial GBC Brasil Casa (2014)

AQUA*	
TEMAS	CATEGORIAS
Energia e Economias	Gestão da energia; Gestão da água; Gestão dos resíduos; Gestão da conservação e da manutenção.
Conforto	Conforto higrotérmico; Conforto acústico; Conforto visual; Conforto olfativo.
Saúde e segurança	Qualidade dos espaços; Qualidade sanitária do ar; Qualidade sanitária da água.
Meio ambiente	Relação do edifício com o seu entorno; Qualidade dos componentes; Canteiro sustentável.

*O sistema de certificação AQUA não descreve os objetivos de seus temas e categorias, determina os requisitos para o cumprimento dos mesmos de forma mais explicativa.

Fonte: Fundação Vanzolini (2014)

ANEXO B – EXEMPLO AHP E FUZZY

EXEMPLO AHP

Exemplo retirado do artigo citado nesta tese dos autores Santos; Cruz (2013), disponível em: http://www.revistaeeep.com/imagens/volume13_01/cap05.pdf. Acesso em nov/2018.

MATRIZ COMPARATIVA DO GRUPO DE CRITÉRIOS – Respostas dos especialistas ao questionário seguindo a escala de Saaty adotada na técnica AHP

	Consumo de Concreto	Taxa de Armadura	Taxa de Forma	Tempo de Execução	Necessidade de Escoramento
Consumo de Concreto	1	1/5	1/3	1/7	3
Taxa de Armadura	5	1	3	1/5	7
Taxa de Forma	3	1/3	1	1/6	5
Tempo de Execução	7	5	6	1	9
Necessidade de Escoramento	1/3	1/7	1/5	1/9	1
Total	16,33	6,68	10,53	1,62	25,00

MATRIZ COMPARATIVA NORMALIZADA DO GRUPO DE CRITÉRIOS - Divide-se cada valor da tabela com o total de cada coluna

	Consumo de Concreto	Taxa de Armadura	Taxa de Forma	Tempo de Execução	Necessidade de Escoramento
Consumo de Concreto	$1/16,33 = 0,0612$	0,0300	0,0316	0,0881	0,1200
Taxa de Armadura	$5/16,33 = 0,3061$	0,1498	0,2848	0,1232	0,2800
Taxa de Forma	$3/16,33 = 0,1837$	0,0499	0,0949	0,1058	0,2000
Tempo de Execução	$7/16,33 = 0,4586$	0,7489	0,5696	0,6170	0,3600
Necessidade de Escoramento	$0,33/16,33 = 0,0204$	0,0214	0,0190	0,0686	0,0400

CÁLCULO DO VETOR DE EIGEN - Cálculo da média aritmética em cada linha da matriz normalizada

	Cálculo	Vetor Eigen	
Consumo de Concreto	$[0,0612 + 0,0300 + 0,0316 + 0,0881 + 0,1200]/5$	0,0662	6,62%
Taxa de Armadura	$[0,3061 + 0,1498 + 0,2848 + 0,1232 + 0,2800]/5$	0,2288	22,88%
Taxa de Forma	$[0,1837 + 0,0499 + 0,0949 + 0,1058 + 0,2000]/5$	0,1263	12,63%
Tempo de Execução	$0,4586 + 0,7489 + 0,5696 + 0,6170 + 0,3600]/5$	0,5448	54,48%
Necessidade de Escoramento	$[0,0204 + 0,0214 + 0,0190 + 0,0686 + 0,0400]/5$	0,0339	3,39%

Para o cálculo do número principal de Eigen (λ_{Max}), determinou-se inicialmente a média das consistências.

$$\left[\frac{(1 * 0,0662) + (\frac{1}{5} * 0,2288) + (\frac{1}{3} * 0,1263) + (\frac{1}{7} * 0,5448) + (3 * 0,0339)}{0,0662} \right] = 5,0381$$

$$\left[\frac{(5 * 0,0662) + (1 * 0,2288) + (3 * 0,1263) + (\frac{1}{5} * 0,5448) + (7 * 0,0339)}{0,2288} \right] = 5,6143$$

$$\left[\frac{(3 * 0,0662) + (\frac{1}{3} * 0,2288) + (1 * 0,1263) + (\frac{1}{6} * 0,5448) + (5 * 0,0339)}{0,1263} \right] = 5,2369$$

$$\left[\frac{(7 * 0,0662) + (5 * 0,2288) + (6 * 0,1263) + (1 * 0,5448) + (9 * 0,0339)}{0,5448} \right] = 5,9006$$

$$\left[\frac{(\frac{1}{3} * 0,0662) + (\frac{1}{7} * 0,2288) + (\frac{1}{5} * 0,1263) + (\frac{1}{9} * 0,5448) + (1 * 0,0339)}{0,0339} \right] = 5,1495$$

$$\lambda_{max} = \left[\frac{5,0381 + 5,6143 + 5,2369 + 5,9006 + 5,1495}{5} \right] = 5,3879$$

Para verificar se os dados são consistentes, calcula-se o índice de consistência (CI), aplicando-se a Equação (1):

$$CI = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} \therefore CI = \frac{5,3879 - 5}{5 - 1} \Rightarrow CI = 0,097$$

Verificando se o valor encontrado do índice de consistência (CI) é adequado, aplica-se a Equação (2) para verificar a relação de consistência (CR):

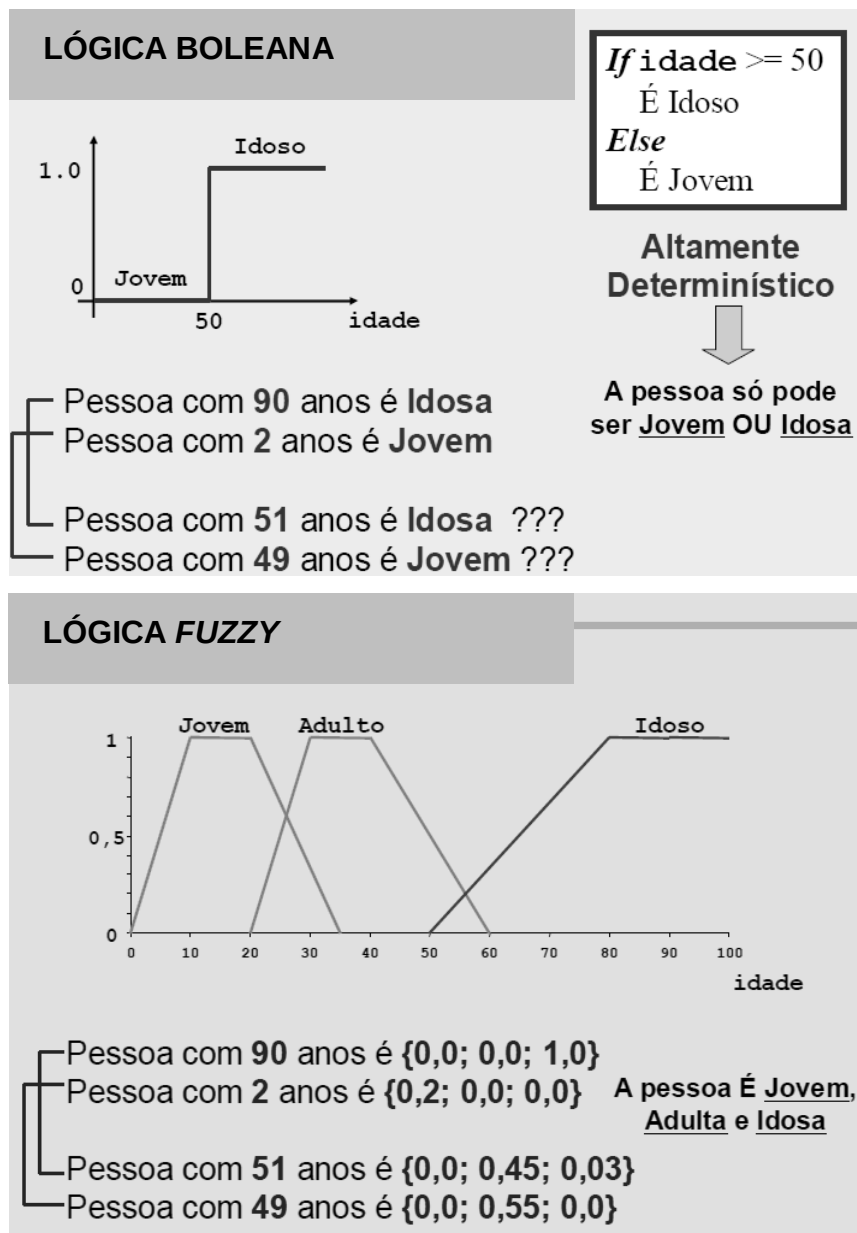
$$CR = \frac{CI}{RI} \therefore CR = \frac{0,097}{1,12} \Rightarrow CR = 0,0866$$

CÁLCULO DO EIGEN (λ_{MAX})

	Consumo de Concreto	Taxa de Armadura	Taxa de Forma	Tempo de Execução	Necessidade de Escoramento	Vetor Eigen
Consumo de Concreto	1	1/5	1/3	1/7	3	0,0662
Taxa de Armadura	5	1	3	1/5	7	0,2288
Taxa de Forma	3	1/3	1	1/6	5	0,1263
Tempo de Execução	7	5	6	1	9	0,5448
Necessidade de Escoramento	1/3	1/7	1/5	1/9	1	0,0339
Média das Consistências	5,0381	5,6143	5,2369	5,9006	5,1495	
Eigen Principal (λ_{Max})			5,3879			

Na priorização o critério Tempo de Execução é o critério mais relevante (54,48%). O critério que menos contribui (3,39%) é o critério Necessidade de Escoramento.

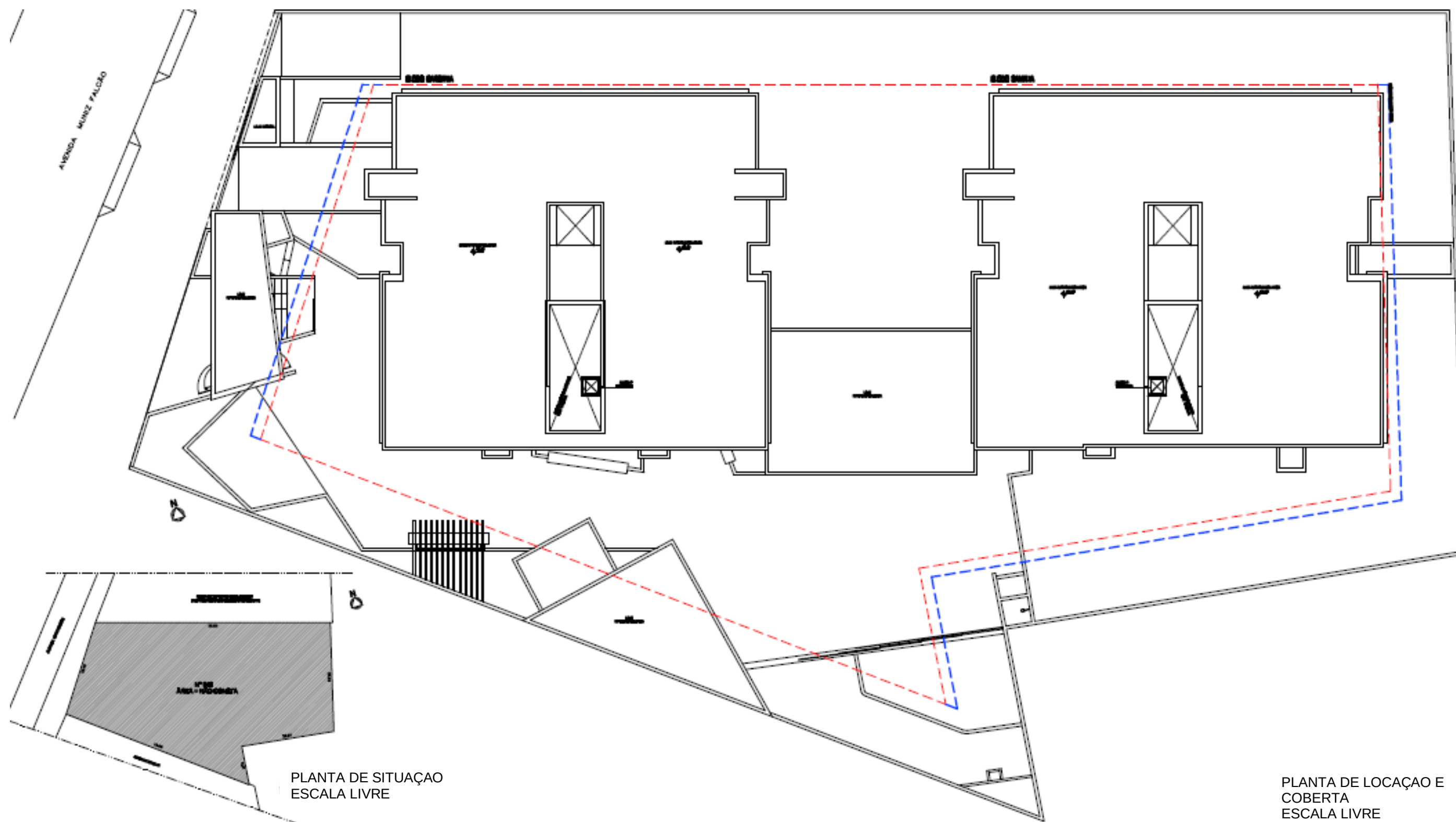
EXEMPLO FUZZY

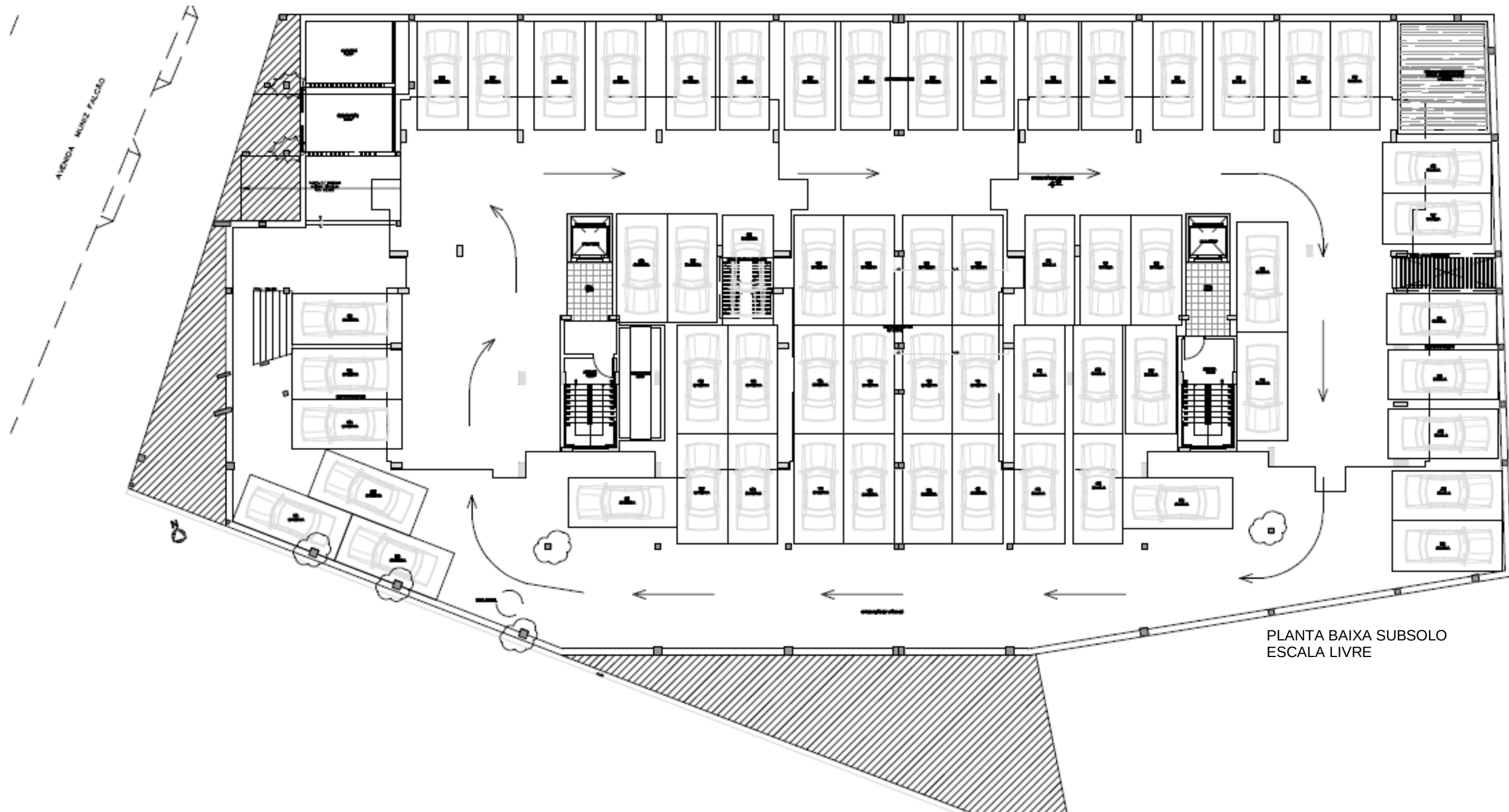


Fonte: Adaptado de <http://professorluizalberto.com.br/joomla30/images/2016-2/LgicaFuzzy.pdf>.
Acesso em 25/05/2018, às 9:12h.

Para maior compreensão da lógica Fuzzy no Matlab acessar Manual do Uso da Teoria dos Conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5. dos autores Amendola; Souza; Barros (2005), disponível em: http://www.logicafuzzy.com.br/wp-content/uploads/2012/12/manual_fuzzy_matlab.pdf. Acesso em 11/01/2018.

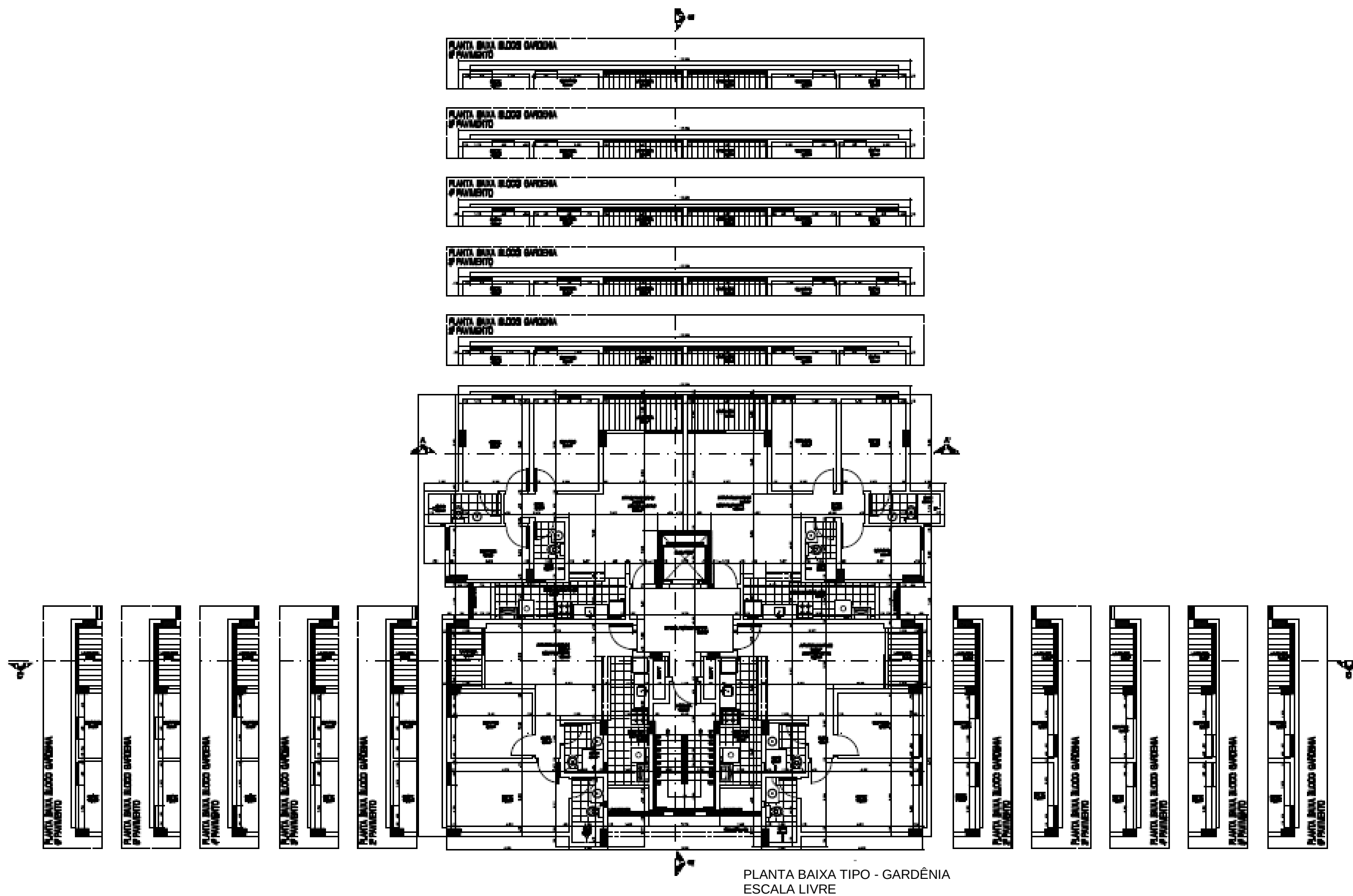
ANEXO C - PROJETO BÁSICO DO ESTUDO DE CASO

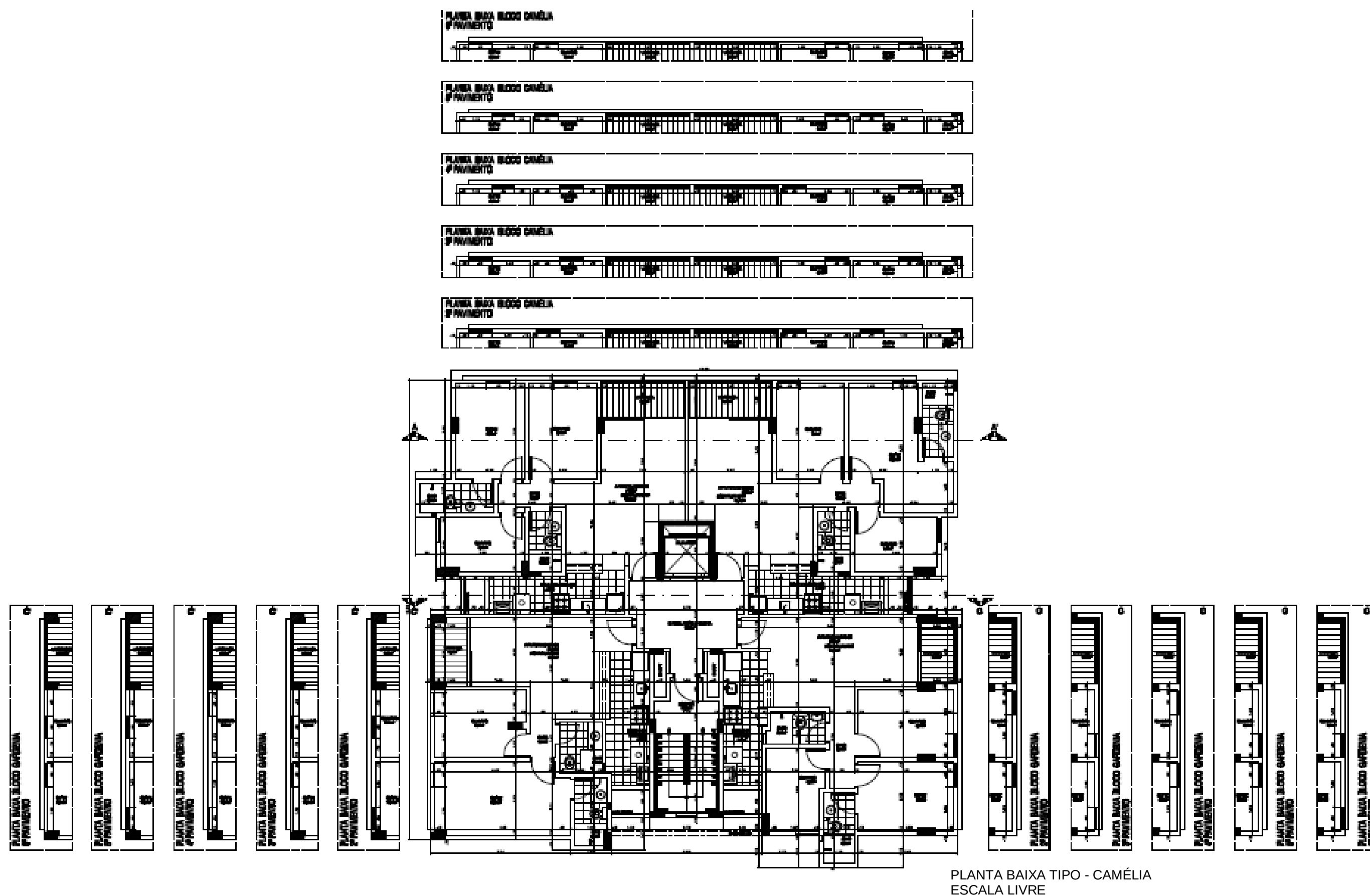






PLANTA BAIXA PILOTIS
ESCALA LIVRE





CORTE AA'
ESCALA LIVRE

