UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRA DUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

DOUTORADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

LUIS CLAUDIO ALVES BORJA

DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO QUANTITATIVO PARA PREVISÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS GERADOS POR CANTEIROS DE OBRAS

PEI
Programa de Pós-Graduação em En
SALVADOR
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

LUIS CLAUDIO ALVES BORJA

DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO QUANTITATIVO PARA PREVISÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS GERADOS POR CANTEIROS DE OBRAS

Salvador
2019

LUIS CLAUDIO ALVES BORJA

DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO QUANTITATIVO PARA PREVISÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS GERADOS POR CANTEIROS DE OBRAS

Tese apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Industrial.

Orientadores:
Prof. Dr. Asher Kiperstok
Prof. Dr. Sandro Fábio César

Salvador
2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ALVES BORJA, LUIS CLAUDIO
DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO QUANTITATIVO PARA PREVISÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS GERADOS POR CANTEIROS DE OBRAS / LUIS CLAUDIO ALVES BORJA. -- Salvador, 2019.
253 f. : il

Orientador: Asher Kiperstok.
Coorientador: Sandro Fábio César.
Tese (Doutorado - Engenharia Industrial) -- Universidade Federal da Bahia, UFBA, 2019.

1. indústria da construção. 2. impactos de canteiros de obras. 3. gestão da produção. 4. sustentabilidade. I. Kiperstok, Asher. II. César, Sandro Fábio. III. Título.

"DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO QUANTITATIVO PARA PREVISÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS GERADOS POR CANTEIROS DE OBRAS".

LUIS CLAUDIO ALVES BORJA

Tese submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de doutor em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Asher Kiperstok _____
Doutor em Engenharia Química pela University Manchester Institute of Science and Technology, Inglaterra, 1996.

Prof. Dr. Juan Pedro Moreno Delgado _____
Doutor em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2002

Profa. Dra. Rita Dione Araújo Cunha _____
Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2002

Prof. Dr. João Luiz Calmon Nogueira da Gama _____
Doutor em Engenharia Civil pela Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha, 1995

Prof. Dr. Paulo Roberto Lopes Lima _____
Doutor em Engenharia de Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2004

Salvador, BA - BRASIL
abril/2019

AGRADECIMENTOS

- Aos meus orientadores, Prof. Asher Kiperstok e Prof. Sandro Fábio Cesar, pela confiança, disponibilidade e aconselhamento através da proposição de desafios e da correção dos rumos para obtenção de um trabalho de qualidade.
- À Profa. Rita Dione Araújo Cunha, pelas relevantes contribuições para a pesquisa e revisão da produção científica. Aos Professores Juan Delgado, Paulo Lopes Lima João Luiz Calmon e Dayana Bastos Costa pela participação nas bancas de qualificação e de avaliação dos artigos durante a disciplina Seminários III, que resultaram em importantes contribuições para a pesquisa.
- Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PEI). Aos Professores Cristiano Fontes, José Celio Andrade, Karen Pontes e demais professores do PEI, por compartilhar seus conhecimentos. À Tatiane Woytysiak, Tamiles Bispo e Robson Carvalho e toda equipe da Secretaria do PEI.
- Ao Instituto Federal de Educação da Bahia (IFBA) por permitir meu afastamento durante parte do doutorado. Aos colegas do campus Feira através dos Professores Adelmo Xavier, Daiane Roberta, Ítalo Moura, Julia de Moraes e Raigenis Fiuza. Aos meus alunos, motivo para continuar buscando melhorar na minha formação.
- Aos colegas da UEFS, através do Eng. Jodilson Amorim, Engª Maria do Socorro Silva e dos Professores Maria da Conceição, Marcelo João, Robérico Celso e Nilo Márcio.
- Aos colegas engenheiros que apoiaram a pesquisa, através dos Engenheiros João Vital, Leonel Leal e Juraci Ramos.
- À equipe do TECLIM pelo apoio e disponibilidade do espaço para estudos, em especial a Suzete Menezes, Lígia Cardoso e Edgar Pitombo.
- Aos colegas do PEI, em especial a Juliano Faria e Telma Silveira.
- E principalmente, a Deus por toda inspiração e por sempre colocar tantas pessoas especiais na minha caminhada. Entre estas pessoas, dedico todo meu carinho à minha família, porto seguro durante toda a pesquisa, pela compreensão com minha ausência, a minha esposa Flávia (eterna namorada), meu filho Igor (meu norte para ser uma pessoa melhor), meus pais Geraldo e Eunice (exemplos de dedicação e carinho) e meus irmãos Mônica, Zé, Ana, Regina e Marcos (companheiros de todas as horas). Também preciso agradecer a minha sogra Sra. Ivonilde (em memória) e minha cunhada Ana Paula pelos cuidados à minha esposa e filho durante meu período de ausência.

"Viver é melhor que sonhar
Eu sei que o amor
É uma coisa boa
Mas também sei
Que qualquer canto
É menor do que a vida
De qualquer pessoa"

Como Nossos Pais (Belchior)

BORJA, Luis Claudio Alves. **Desenvolvimento de um método quantitativo para previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras**. 258 f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

RESUMO

O crescimento das cidades médias e a concentração de sua malha urbana é uma tendência mundial. No Brasil, esta rápida concentração e a maior demanda por habitação, mobilidade e infraestrutura, têm gerado impactos negativos na qualidade da vida urbana com aumento da poluição, geração de resíduos e incômodos na vizinhança. A indústria da construção é um importante agente neste processo, em que a demolição, reforma e construção de edificações envolve uma rede complexa de atores e atividades. Apesar dos avanços tecnológicos e nos marcos regulatórios, o setor ainda está longe de implantar uma cultura de baixo impacto em seus canteiros. Grande parte das dificuldades estão diretamente relacionadas com as características do setor: caráter difuso dos locais de produção (canteiros); variedade de atividades e insumos; uso intenso de transporte e movimentação; problemas de qualidade e produtividade; informalidade e baixo compromisso ambiental. O processo de construção não fica restrito ao lote urbano em construção, pois os diversos fluxos (materiais, pessoas e serviços) impactam o entorno, criando "canteiros virtuais". Estes também são importantes polos geradores de viagens - PGV (cargas, equipamentos e pessoas), restringindo a mobilidade, obstruindo vias, danificando calçadas e gerando riscos. Diante deste contexto, esta pesquisa apresenta um método de previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras, através da integração entre uma base de custos e indicadores de avaliação de desempenho ambiental. Inicialmente, o desenvolvimento do modelo exigiu uma ampla revisão do estado da arte sobre as ferramentas de avaliação de desempenho ambiental para identificar os principais problemas de qualificação e quantificação dos aspectos e impactos ambientais dos canteiros. Na sequência foi analisado um conjunto de bases de dados de custos de construção e como transformar seus dados de custos em informação ambiental e estas informações em conhecimento nas práticas de construção. Para ajuste do método foi realizada uma pesquisa de campo que analisou os impactos locais de canteiros de obras na cidade de Feira de Santana, e como seus modelos de gestão da construção e suas práticas construtivas influenciam no desempenho ambiental. A análise das relações entre atividades/serviços, aspectos e impactos ambientais foi baseada no modelo proposto pelo *EU Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS) para o desenvolvimento do método e sua representação matemática. Um estudo de caso foi implementado para avaliar o método, utilizando a lista de quantitativos (BOQ) de duas construções residenciais para mensuração dos seus aspectos ambientais. Os resultados validam a utilidade do método para suporte ao processo de tomada de decisão na escolha de atividades construtivas e na alocação de sistemas de controle, como, por exemplo, recomendando a execução de serviços fora do canteiro para reduzir os impactos na vizinhança. Adicionalmente, o método se mostrou de fácil aplicação para avaliação de canteiros de obras, bem como flexível para incorporar outras atividades, adaptando-se à demanda de construtores e agentes públicos para reduzir os impactos ambientais dos canteiros de obras. Os resultados da aplicação do método sobre o estudo de caso reforçam a sua viabilidade como instrumento de avaliação ambiental e como ferramenta para auxiliar a tomada de decisão pelos agentes de controle e gestão da construção. A escolha pela base de dados de custos como lastro do método aponta para uma maior facilidade de implantação do método e difusão de conhecimento ambiental, contribuindo para promover a redução dos impactos destes canteiros.

Palavras-chave: indústria da construção; impactos de canteiros de obras; gestão da produção; sustentabilidade.

BORJA, Luis Claudio Alves. **Development of a quantitative method for forecasting environmental aspects generated by construction sites**. 258 f. Doctoral thesis - Postgraduate Program in Industrial Engineering, Federal University of Bahia, Salvador, 2019.

ABSTRACT

The growth of medium-sized cities and urban concentration is a worldwide trend. In Brazil, this rapid concentration and the demand for housing, mobility, and infrastructure have seen generated negative impacts on the quality of urban life with increased pollution, waste generation, and neighborhood nuisances. The construction industry is an important agent in this process, in which the demolition, renovation, and construction of buildings involve a complex network of actors and activities. Despite technological advances and regulatory milestones, the industry is still far from implanting a low-impact crop in its construction sites. Most of the difficulties are directly related to the characteristics of the sector: the diffuse character of the production sites; the variety of activities and inputs; the intense use of transport and movement; the quality and productivity problems; the informality and low environmental commitment.

The construction process is not restricted to the urban lot under construction since the various flows (materials, people, and services) impact the environment and it creates "virtual construction sites". These are also important Generators Poles of Travel - PGT (loads, equipment and people), restricting mobility, blocking roads, damaging sidewalks and generating risks. In front of this context, this research presents a method for predicting environmental aspects generated by construction sites, through the integration between a cost base and environmental performance evaluation indicators. Initially, the model development required a comprehensive review of the state of the art related to environmental performance evaluation tools to identify the main problems about qualification and quantification of environmental aspects and impacts of the construction sites. The study then analyzed a set of construction cost databases to answer how to transform cost data into environmental information and this information into knowledge in building practices. To adjust the method, a field survey was carried out to analyze the local impacts of construction sites in the city of Feira de Santana, and how their construction management models and construction practices influence environmental performance. The analysis of the relationships between activities/services, environmental aspects and impacts was based on the model proposed by the EU Eco-Management and Audit Scheme (EMAS), supporting the development of the method and its mathematical representation. A case study was implemented to validate the method using the quantitative list (BOQ) from two residential buildings to measure their environmental aspects. The results validate the usefulness of the method to support the decision-making process in the choice of constructive activities and in the allocation of control systems, such as recommending the execution of off-site services to reduce impacts in the neighborhood.

In addition, the method was easy to apply for evaluation of construction sites, as well as flexible to incorporate other activities, adapting to the demand of builders and public agents to reduce the environmental impacts of construction sites. The results of the application of the method on the case study reinforce its viability as an instrument of environmental evaluation and as a tool to aid the decision making by the control agents and construction management. The choice of cost database as the basis of the method points to greater ease of implantation of the method and diffusion of environmental knowledge, contributing to promoting the reduction of the impacts of these construction sites.

Keywords: construction industry; impacts of construction sites; production management; sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bases de custos

BCCA - *Base de Costes de la Construcción de Andalucía*

BDCCM - *Base de Datos de la Construcción de la Comunidad de Madrid*

GP CYPE - *Generador de precios da Cype Ingenieros*

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal

ORSE - Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe

SICRO - Sistema de Custos Referenciais de Obras

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TCPO Tabela de Composições de Preços para Orçamentos

Gerais

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONCLA - Comissão Nacional de Classificação

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

EPA - *Environmental Protection Agency*

FIEB - Federação das Indústrias do Estado da Bahia

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

NR MTE – Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho

ONU – Organização das Nações Unidas

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PIB – Produto Interno Bruto

PGV – Polo Gerador de Viagem

IEA – *International Energy Agency*

RCD– Resíduos de construção e demolição

RSU – Resíduos sólidos urbanos

SINDUSCON - Sindicato da Industria da Construção da Bahia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura Hierárquica do Recorte da Pesquisa (Tema, tópico, problema).....27
Figura 2 – Fluxograma da pesquisa (Autor, 2016).....35
Figura 3 - 21 maiores ocorrências para "*urban management*". 38
Figura 4 - 20 maiores ocorrências para "*construction management*".....39
Figura 5 – Distribuição da população mundial segundo o porte das cidades (ONU, 2014) 44
Figura 6 - Linha de tempo da evolução das políticas de Gestão Urbana no Brasil. 61
Figura 7 - Quadro de avaliação adaptado de Nakano et al (2018) 72
Figura 8 – Distribuição dos registros por tipo de publicação 73
Figura 9 – Número de publicações por ano, entre 2000 e 2018 73
Figura 10 - 10 principais palavras-chaves da busca 74
Figura 11 - 20 principais países por número de publicações.....74
Figura 12 - 20 principais autores por número de publicações.....75
Figura 13 - 16 principais periódicos evidenciados na busca 75
Figura 14 - Crescimento Populacional Feira, Salvador e Brasil (IBGE, 2010).....87
Figura 15 - Distribuição dos bairros da sede do munícipio de Feira de Santana 90
Figura 16 - Zoneamento LOUOS Feira de Santana (FEIRA DE SANTANA, 2018a).....91
Figura 17 – Mapa com a densidade demográfica da Sede do Munícipio de Feira de Santana 92
Figura 18 - Localização dos prédios residenciais acima de 8 andares (org. pelo Autor, 2016)97
Figura 19 - Distribuição dos prédios identificados por bairro (Autor, 2016).....99
Figura 20 – Imagens de empreendimento 32 (Google Street View) 100
Figura 21 – Imagens do empreendimento 33 (Google Street View).....100
Figura 22 – Imagens do empreendimento 34 (Google Street View).....101
Figura 23 – Imagens do empreendimento 34 e 37.....101
Figura 24 – Imagens da execução das fundações canteiro 36 em set/2011 (Street View).....102
Figura 25 – Imagens do empreendimento 36 102
Figura 26 – Imagens de estação do BRT (-12.255700, -38.947247) 103
Figura 27 – Imagens de estação do BRT (-12.255540, -38.956068) 103
Figura 28 – Uso de máquinas de movimentação de terra no centro urbano.....104
Figura 29 – Armazenamento de telhas na frente das lojas. 104
Figura 30 – Imagem da chamada “Feira de Madeira”.....105

Figura 31 – Etapas e fluxo de atividades para o estudo de caso 107
Figura 32 – Quadro de análise das atividades construtivas - EMAS (European Commission, 2013) 112
Figura 33 – Organograma do Canteiro 1 – organizado pelo autor, 2016 121
Figura 34 – Organograma do Canteiro 2 – organizado pelo Autor, 2016. 122
Figura 35 – C1, aço retirado da demolição e aço novo misturados (Autor, 2016) 125
Figura 36 – C2, aço retorcido retirado dos resíduos da demolição do muro (Autor, 2016) ... 125
Figura 37 – C1, baias de agregados e blocos calhas no perímetro sul (Autor, 2016) 127
Figura 38 – C1, abrigo administrativo e vestiários (Autor, 2016) 127
Figura 39 – C2, refeitório no terreno vizinho a oeste (Autor, 2016) 127
Figura 40 – C2, abrigo administrativo no terreno vizinho ao sul (Autor, 2016) 127
Figura 41 – C4, abrigo de cimento (Autor, 2016) 128
Figura 42 – C4, baias de agregados (Autor, 2016) 128
Figura 43 – C1, armazenamento das tubulações na área da garagem (Autor, 2016) 128
Figura 44 – C2, armazenamento das tubulações no abrigo provisório (Autor, 2016) 128
Figura 45 – C1, abrigo da betoneira (Autor, 2016) 128
Figura 46 – C1, abrigo da betoneira (Autor, 2016) 128
Figura 47 – C1, elevador cremalheira na fachada norte (Autor, 2016) 130
Figura 48 – C1, minigrua na fachada oeste (Autor, 2016) 130
Figura 49 – C1, guincho na fachada sul (Autor, 2016) 130
Figura 50 – C2, elevador cremalheira na fachada sul (Construtora 2, 2015) 131
Figura 51 – C2, duto de coleta resíduos na fachada oeste (Construtora 2, 2015) 131
Figura 52 – C3, Vista do elevador cremalheira e guindaste na fachada leste (Autor, 2016) . 131
Figura 53 – Impacto do uso de garagem em subsolo na geração de aspectos ambientais 132
Figura 54 –C1, vista da escavação do G3 fase de montagem das formas (Autor, 2016) 133
Figura 55 – C2, escavação mecanizada (Website Construtora 2, 2014) 133
Figura 56 – C3, escavação com a exposição das fundações do muro (Autor, 2016) 133
Figura 57 – C4, Vista sudeste durante execução das estacas (Website Construtora 3, 2015) 133
Figura 58 – C1, Sistema Estrutural (Autor, 2016) 134
Figura 59 – C2, Sistema Estrutural (Autor, 2016) 135
Figura 60 – C3, Sistema Estrutural (Autor, 2016) 135
Figura 61 – C1, resíduos de formas (Autor, 2016) 136

Figura 62 – C2, resíduos de formas (Autor, 2016) 136
Figura 63 – C1, bancada de montagem das armaduras (Autor, 2016). 136
Figura 64 – C2, armaduras dos pilares do G1 aguardando formas (Construtora 2, 2016). 136
Figura 65 – C1, armazenamento dos blocos (Autor, 2016) 138
Figura 66 – C4, armazenamento dos blocos (Autor, 2016) 138
Figura 67 – C2, preparação das esquadrias (Autor, 2016) 139
Figura 68 – C2, kit de porta (Autor, 2016) 139
Figura 69 – C2, Instalações entre forro e laje (Autor, 2016) 140
Figura 70 – C3, instalações entre forro e nas vedações em *drywall* (Construtora 2, 2016) ... 140
Figura 71 – C2, tubulações no teto da garagem (Autor, 2016) 140
Figura 72 – C2, rasgos para embutir as instalações (Construtora 2, 2015) 140
Figura 73 – C1 Parede aguardando a aplicação da argamassa (Fonte: Construtora 2, 2016) 142
Figura 74 – C2 Parede aguardando cerâmica (Fonte: Construtora 2, 2016) 142
Figura 75 – Quadro de fluxo do estudo (BORJA et al., 2019) 153
Figura 76 – Correlações entre temas, métodos, bases de dados e aplicações (BORJA et al., 2019). 158
Figura 77 – Bases de dados e suas principais características (BORJA et al., 2019). 163
Figura 78 – Desempenho das bases de custos segundo a Matriz de Avaliação da Comunicação Ambiental (BORJA et al., 2019) 167
Figura 79 – Avaliação da Comunicação Ambiental das bases de custos 175
Figura 80 - Quadro conceitual do capítulo descrevendo o fluxo das atividades 182
Figura 81 - Comparação entre os canteiros de obras segundo o EAPM 205

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo do desenho conceitual da pesquisa 34
Quadro 2 - Temas e principais fontes de pesquisa por eixos de investigação 36
Quadro 3 – Restrições à pesquisa e as respectivas ações mitigadoras adotadas. 37
Quadro 4 Lista de práticas de gestão da construção por países 50
Quadro 5 - Interfaces entre Meio Ambiente e Ambiente Construído (org. Autor, 2016) 60
Quadro 6 – Questões relacionadas ao crescimento das cidades (org. Autor, 2016) 66

Quadro 7 - Atores Sociais e Espaço Urbano 67
Quadro 8 - Componentes segundo as dimensões - adaptado de Lollo e Rohm (2005). 67
Quadro 9 – Lista de artigos selecionados para a revisão sistemática. 76
Quadro 10 – Lista de ferramentas de avaliação ambiental citadas nos artigos. 76
Quadro 11 – Questões e lacunas identificadas nos artigos-chave. 77
Quadro 12 – Objetivos e materiais e métodos empregados..... 79
Quadro 13 - Principais Conclusões dos Artigos-chave. 80
Quadro 14 - Relação dos sítios eletrônicos consultados..... 85
Quadro 15 - Empreendimento identificados com período de conclusão entre 2005 e 2017 96
Quadro 16 – Instrumentos de coleta de dados aplicados sobre os canteiros selecionados..... 109
Quadro 17 - Perfil das Empresas dos canteiros selecionados..... 109
Quadro 18 – Quadro para análise dos aspectos ambientais gerados nos canteiros de obras. . 113
Quadro 19 – Condições de implantação e interfaces dos canteiros com o entorno..... 117
Quadro 20 - Cidade de origem dos escritórios contratados por tipo de projeto (disciplina) .. 119
Quadro 21 – Uso de serviços terceirizados 122
Quadro 22 – Sistemas construtivos dos canteiros 124
Quadro 23 – Avaliação das atividades construtivas e aspectos ambientais associados 146
Quadro 24 – Matriz de Avaliação da Comunicação Ambiental (ECAM)..... 155
Quadro 25 - Aplicações de base de custos na literatura ambiental 157
Quadro 26 - Resumo das atividades construtivas segundo os artigos da revisão..... 184
Quadro 27 - Atividades construtivas selecionadas por fase e suas unidades de medida..... 185
Quadro 28 - Entradas e saídas das atividades construtivas por categoria 186
Quadro 29 - Indicadores e fontes de dados para a aquisição das entradas/saídas do método 189
Quadro 30 - Aspectos ambientais por categoria e as suas entradas/saídas contributivas..... 191
Quadro 31 – Sítios eletrônicos consultados para obtenção dos Programas dos Curso de Engenharia segundo regiões brasileiras, estados, unidades da federação e instituições de educação (Autor, 2018) 243
Quadro 32 – Disciplinas dos cursos de engenharia civil selecionados relacionadas às bases de custos por regiões do Brasil, Estados e Instituições de Educação (Autor, 2018)..... 244

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População da América do Sul (em milhares) (ONU, 2014).....45
Tabela 2 – Empresas do setor de construção para as seções F41 e F43 na FIEB.....95
Tabela 3 - Prédios por bairro (1985 a 2017).....98
Tabela 4 - Canteiros identificados no levantamento preliminar (Autor, 2016).....108
Tabela 5 - Descrição do projeto de cada amostra do estudo de caso.....115
Tabela 6 – Temas e conceitos associados com bases de dados de custos nos cursos 161
Tabela 7 – Cursos nos quais os programas fazem referência a bases de custos.....161
Tabela 8 - 10 livros mais citados nos programas de cursos relacionados a bases de custo....162
Tabela 9 – Resultados da matriz de avaliação da comunicação ambiental 166
Tabela 10 – Valores Globais (G) do desempenho das bases de dados de custos.....174
Tabela 11 - Descrição do projeto de cada amostra do estudo de caso.....195
Tabela 12 - Descrição e quantidades das atividades iniciais das construções.....196
Tabela 13 - Consumo de recursos no estudo de caso segundo modelo preditivo 197
Tabela 14 - Geração de resíduos no estudo de caso segundo o EAPM.....198
Tabela 15 - Emissão de poluição no estudo de caso segundo o EAPM.....199
Tabela 16 - Serviços públicos e serviços de transporte no estudo de caso segundo o EAPM201
Tabela 17 - Aspectos ambientais do uso da terra segundo o EAPM.....202
Tabela 18 - Aspectos ambientais de saúde e segurança segundo o EAPM.....204
Tabela 19 - Matrix with the quantitative inputs and outputs per unit of constructive activity (matrix C) 245
Tabela 20 - Matrix with the contribution rate of inputs and outputs over the environmental aspects of the method (matrix W).....246
Tabela 21 - Matrix with the aspects environmental aspects per unit of constructive activity (matrix A).....247
Tabela 22 - Estimated overall environmental aspects of construction activities of the Building 1 (CS1) according to the developed method (matrix G) 248
Tabela 23 - Estimated overall environmental aspects of construction activities of the Building 2 (CS2) according to the developed method (matrix G) 249
Tabela 24 - Normalizing the ratio environmental aspects (EA) per constructed area (CA) ..250
Tabela 25 - Normalizing the ratio environmental aspects (EA) per land area (LA)...250

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 - Cap. 6 - Prédios residenciais alto em Feira de Santana (1985 a 2018) 232
Apêndice 2 - Cap. 6 - F01 Roteiro da Coleta de Dados 233
Apêndice 3 - Cap. 6 - F02 – Caracterização da Empresa 235
Apêndice 4 - Cap. 6 - F03 Caracterização do Empreendimento 236
Apêndice 5 - Cap. 6 - F04 - Roteiro do Registro Fotográfico do Canteiro 238
Apêndice 6 – Cap. 6 - F05 Caracterização da Equipe da Obra 239
Apêndice 7 – Cap. 6 - F06 – Práticas Construtivas e Aspectos Ambientais 240
Apêndice 8 – Cap. 6 - F07 Cadeia de Suprimentos - Fundações 242
Apêndice 9 – Cap. 7 - Sítios eletrônicos consultados 243
Apêndice 10 – Cap. 7 – Bases de dados de custos e os Programa das disciplinas 244
Apêndice 11 – Cap. 8 – Entradas e saídas por unidade de serviço (Matriz C) 245
Apêndice 12 – Cap. 8 – B Contribuições das entradas e saídas para os aspectos ambientais (Matriz W) 246
Apêndice 13 – Cap. 8 – Aspectos ambientais por unidade de serviço (Matriz A) 247
Apêndice 14 – Cap. 8 – D. Aspectos ambientais globais para o Canteiro de Obras 1 248
Apêndice 15 – Cap. 8 – E. Aspectos ambientais globais para o Canteiro de Obras 2 249
Apêndice 16 – Cap. 8 – Taxa de geração dos aspectos ambientais dos canteiros de obras 1 e 2 250
Apêndice 17 – Artigos publicados 251
Apêndice 18 – Ações de difusão do conhecimento adquirido 252
Apêndice 19 – Artigos aguardando submissão 253

Sumário

1 INTRODUÇÃO 20
1.1 Proposta do Trabalho 24
1.1.1 Formulação do Problema 24
1.1.2 Hipóteses 28
1.1.3 Objetivos 28
1.1.4 Justificativa 29
1.1.5 Estrutura da Pesquisa 30
1.2 Perspectivas 31
1.2.1 Originalidade da Pesquisa e principais contribuições 31
1.2.2 Contribuições da Pesquisa 32
2 METODOLOGIA 34
2.1 Desenho Conceitual 34
2.1.1 Delimitação da pesquisa e possíveis limitações 36
2.1.1 Seleção dos conceitos abordados na pesquisa 38
2.1.2 Identificação das variáveis 39
2.1.3 Organização do instrumental da pesquisa e teste dos instrumentos 41
3 GESTÃO URBANA E OS IMPACTOS DOS CANTEIROS 42
3.1 Concentração Populacional e Urbanização 42
3.2 Desafios Urbanos das Cidades Médias 45
3.3 Panorama de Práticas em Gestão da Construção Urbana 49
3.3.1 Estados Unidos e Canadá 51
3.3.2 Austrália e Nova Zelândia 52
3.3.3 Europa 53
3.3.4 Considerações sobre o tópico 57
3.4 Política Urbana no Brasil e os Impactos Locais dos Canteiros 58
3.4.1 Impactos ambientais de canteiros de obras e seus marcos regulatórios 61
4 GESTÃO DA CONSTRUÇÃO E OS IMPACTOS DE CANTEIROS 65
4.1 Impactos do Processo de Construção 65
4.2 Fatores e agentes relacionados aos impactos dos canteiros 66
4.3 Panorama das Ferramentas de Avaliação da Construção 68
4.3.1 Considerações preliminares 68

4.3.2 Panorama das ferramentas de avaliação ambiental e da sustentabilidade 70
4.3.3 Metodologia do capítulo 71
4.3.4 Resultados e Discussão 73
4.3.5 Considerações e Conclusões do capítulo 81

5 IMPACTOS DOS CANTEIROS DE OBRAS NA CIDADE DE FEIRA DE SANTANA 84
5.1 Considerações preliminares 84
5.2 Metodologia do capítulo 84
5.3 A Gestão Urbana na cidade de Feira de Santana 86
5.3.1 Cidade de Feira de Santana 86
5.3.2 Dados da Gestão Urbana 87
5.3.3 Informações sobre o mercado de construção local 93
5.4 Prédios residenciais acima de 8 andares 95
5.5 Estudo dos impactos através de imagens georreferenciadas 99
5.6 Conclusões do capítulo 105

6 PRÁTICAS CONSTRUTIVAS E SUA INFLUÊNCIA NOS ASPECTOS AMBIENTAIS DE CANTEIROS DE OBRAS 107
6.1 Considerações preliminares 107
6.2 Metodologia do capítulo 107
6.2.1 Caracterização geral 109
6.2.2 Análise da gestão e práticas construtivas 110
6.3 Caracterização das empresas e empreendimentos selecionados 114
6.3.1 Descrição dos empreendimentos 114
6.3.2 Implantação dos canteiros 116
6.3.3 Projetos 119
6.3.4 Sistemas de gestão e controle 120
6.3.5 Sistemas construtivos 123
6.4 Práticas construtivas e seus aspectos ambientais 124
6.4.1 Serviços preliminares. 124
6.4.2 Instalações para movimentação e transporte 129
6.4.3 Movimentações de solo. 131
6.4.4 Fundações e Estruturas 133
6.4.5 Fechamento, Vedações e Esquadrias 137
6.4.6 Instalações 140

6.4.1 Revestimentos e Acabamentos 141
6.4.1 Pinturas e proteções de superfícies 143
6.5 Resultados globais e análise do modelo aplicado 144
6.6 Conclusões sobre o capítulo 147

7 AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS A PARTIR DE BASES DE CUSTO DE CONSTRUÇÃO 149

7.1 Contextualização. 150
7.2 Metodologia do capítulo 152
7.3 Um panorama sobre as bases de custos de construção 156
7.3.1 Aplicações das bases de custo de construção na avaliação de aspectos ambientais. 156
7.3.2 Ocorrência das bases de custos de construção nos currículos dos cursos de engenharia no Brasil 160
7.3.3 Seleção das bases de custos considerando o estado da arte e estado da técnica. 162
7.4 Resultados e discussão sobre a análise das bases de custos 164
7.4.1 Sistema de classificação e quantificação 164
7.4.2 Achados da avaliação das bases de custo 166
7.4.3 Interface (informação e comunicação) 168
7.4.4 Recursos e resíduos 169
7.4.5 Serviços públicos (infraestrutura urbana) 170
7.4.6 Máquinas, veículos e poluição 172
7.4.7 Segurança e saúde (ocupacional) 173
7.4.8 Resultados globais 174
7.5 Conclusões do capítulo 175

8 MÉTODO QUANTITATIVO PARA PREVISÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS EM CANTEIROS DE OBRAS 178

8.1 Sistemas e métodos de avaliação ambiental do processo de construção. 179
8.2 O método quantitativo de previsão de aspectos ambientais em canteiros de obras (EAPM) 180
8.3 Metodologia adotada na construção do modelo 181
8.4 Desenvolvimento do EAPM 182
8.4.1 Contexto e delimitação do objeto da análise 182
8.4.2 Seleção das atividades construtivas. 183
8.4.3 Entradas e saídas envolvidas 185
8.4.4 Determinação dos Aspectos Ambientais por Unidade de Serviço 190

8.4.5 Determinação dos Aspectos Ambientais Globais do Empreendimento 192
8.5 O Estudo de caso 194
8.5.1 Dados coletados dos canteiros escolhidos. 195
8.6 Resultados e discussões do tópico 196
8.6.1 Consumo de recursos 197
8.6.2 Geração de resíduos 198
8.6.3 Emissão de poluição 199
8.6.4 Serviços públicos e serviços de transporte 200
8.6.5 Uso da terra 202
8.6.6 Saúde e segurança 203
8.6.7 Comparando a taxa de geração estimada dos aspectos ambientais 204
8.7 Conclusões do capítulo 206
9 CONCLUSÕES 208
9.1 Respostas para as questões apresentadas 208
9.2 Divulgação do trabalho 214
9.3 Trabalhos futuros 214
10 REFERÊNCIAS 215
11 APÊNDICES 231

1 INTRODUÇÃO

Dados censitários de 2014 reunidos pela ONU (ONU, 2014) indicam que 54% da população mundial vive em cidades. Na maioria das grandes regiões a taxas é superior a 70% de população urbana: Oceania (70.8%), Europa (73.4%), América Latina (79.5%) e América do Norte (81.5%). Apenas a África (40%) e a Ásia (47%) ainda não tem maioria urbana.

Esta urbanização vem se intensificando justamente nas regiões mais pobres ou em desenvolvimento como Ásia, África e América Latina (CADENA et al., 2011; KOURTIT; NIJKAMP; REID, 2014; ONU, 2014). Na América Latina, com quase 80% de população urbana e onde apenas 198 cidades concentram 60% do Produto Interno Bruto (PIB), a expectativa é ultrapassar 84% da população em cidades em 2025 (CADENA et al., 2011).

A expansão das cidades tem forte relação com o modelo de produção e consumo. Segundo dados da *International Energy Agency* (IEA) (WEO, 2014), no período de 2000 a 2005, enquanto a população mundial cresceu em média 1,1% ao ano, o PIB e a energia primária alcançaram médias de 2,8% e 2,3% respectivamente (LEITE, 2011). Segundo estudo da IEA, em 2035 o grupo edificações responderá por 32.8% do consumo total, seguido de 29.4% na indústria, 27.7% no transporte e 10.1% outros usos (WEO, 2014).

O crescimento urbano e do consumo pressionam a capacidade do planeta e geram grandes desafios para os modelos de gestão ambiental urbana na esfera pública e na governança das empresas. Um dos desafios é ampliar e integrar a participação dos atores envolvidos (gestores públicos, setores econômicos e usuários) (BAUD; DHANALAKSHMI, 2007; ONU, 2014; PETROVIC-LAZAREVIC; PETROVIC, 2010).

O agravamento destes problemas urbanos vem ampliando os debates sobre os impactos ambientais, mudando seu escopo, antes concentrado em temas como desmatamento, proteção da biodiversidade, poluição do ar e gases de efeitos estufa. O espaço urbano e o ambiente construído passaram a ter papel relevante nesta discussão, consequência da urbanização das últimas décadas, onde a cidade como consumidora e transformadora de recursos, foi alçada como uma protagonista dos estudos e das ações que buscam resolver as questões ambientais relevantes (ONU, 2014; SATTERTHWAITE, 2004).

Assim, entre os atores envolvidos neste cenário de expansão urbana das cidades é necessário rever o papel da indústria da construção. O crescimento da indústria da construção é comumente associado ao crescimento da cidade, capacidade econômica e oferta de emprego. Entretanto, a imagem do setor também é fortemente associada aos impactos

ambientais e aos acidentes de trabalho, bem como a outros problemas urbanos como geração de resíduos e ruídos (PETROVIC-LAZAREVIC; PETROVIC, 2010).

Alguns países têm elevado suas exigências quanto aos padrões de desempenho ambiental para criar empresas com maior responsabilidade socioambiental, através de uma série de ações: parceria com gestores urbanos; alinhamento com as demandas das comunidades; busca da melhoria da eficiência energética das edificações; redução da geração de resíduos e impactos. Investimentos em gestão, integração da cadeia de suprimentos e capacitação da equipe de produção tendem a gerar ganhos de qualidade e produtividade, melhorando seus resultados ambientais e a imagem do setor (PETROVIC-LAZAREVIC; PETROVIC, 2010).

O Reino Unido, por exemplo, tem ampliado a recuperação de áreas degradas e a reutilização de resíduos, bem como exigindo que no início de novas construções, as construtoras promovam treinamento de seus trabalhadores e fornecedores em temas ambientais. Mesmo assim, o setor da construção ainda enfrenta dificuldades em incorporar indicadores socioambientais (BROWN, 2012; JONES; COMFORT; HILLIER, 2006).

Estudos apontam que, enquanto alguns temas como atividades ambientais, saúde e segurança apresentam um arcabouço legislativo mais consolidado, as questões sociais ainda possuem muitas lacunas (BROWN, 2012). Outra dificuldade é como incorporar indicadores para avaliação de desempenho do processo de produção nos centros urbanos (JONES; COMFORT; HILLIER, 2006).

Dessa forma, a busca da redução do problemas urbanos e melhoria da qualidade de vida da sua população exige uma ação articulada entre as partes interessadas (e.g., gestores, legisladores, setor produtivo, instituições de pesquisa e comunidade) para a implementação das políticas e ações que compreendem: diagnóstico da demandas e desafios da cidade; aperfeiçoamento da legislação; instrumentalização e capacitação das agências de controle e fiscalização; implantação de políticas de incentivo à redução de impactos e de responsabilidade social; e instrumentos para a transparência e participação social.

Uma das frentes é implantar políticas e instrumentos que favoreçam a prestação de conta de serviços públicos, ampliando a participação dos “stakeholders” na tomada de decisão no controle dos serviços de construção (BAUD; DHANALAKSHMI, 2007). Estudo de Romolini et al (2016), nas cidades americanas de Baltimore e Seattle, destacam que o sucesso de iniciativas sustentáveis nas cidades exige a criação de “redes de governança” para melhorar a interlocução dos gestores com outros agentes da sociedade, a comunicação com os usuários e compartilhamento de autoridade entre as organizações e níveis de governo,

criando uma rede colaborativa para facilitar a participação, a implementação das ações e o eficaz controle das intervenções urbanas (ROMOLINI et al., 2016).

O setor da construção, por sua vez, também vem implantando mecanismos de avaliação e autorregulação para melhoria do processo de gestão, das tecnologias construtivas e do desempenho ambiental das edificações durante seu ciclo de vida (planejamento, construção, utilização e demolição). Entre as ferramentas de avaliação do desempenho ambiental das edificações, destacam-se a *Environmental Assessment Method* (BREEAM_BRE`S) no Reino Unido, *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (CASBEE) no Japão, *Certification Bâtiments Tertiaires – Démarche* HQE® *Bureau et Enseignement* (HQE) na França, *Green Building GBToll* um Consórcio Internacional, *Green StarTM* na Austrália e LEED-NC – *Green Building Rating System* (LEED) (HAAPIO, 2012; HAAPIO; VIITANIEMI, 2008; SHARIFI; MURAYAMA, 2013, 2014a).

Além disso, o setor investe em novos modelos de gestão e em inovações tecnológicas no projeto e materiais. Modelos de gestão da indústria da construção, como o *Lean Construction*, até então aplicados para ganhos de produtividade e redução de prazos, começam a incorporar a dimensão socioambiental (KOSKELA; OWEN; DAVE, 2010; SONG; LIANG, 2011). As metodologias e ferramentas de projeto passam a incorporar marcadores ambientais nas suas fases de concepção, simulação e detalhamento, a exemplo do *Building Information Modeling* (BIM). O Bim vem sendo aplicado com ferramentas de avaliação de desempenho (AKBARNEZHAD; ONG; CHANDRA, 2014); no desenvolvimento de "*green buildings*" (JRADE; AFANA, 2012; QIU, 2011); nas gestão da obra e de facilidades (AZEVEDO; DE, 2009); e na identificação e prevenção de riscos e de acidente no trabalho (KASIROSSAFAR; SHAHBODAGHLOU, 2013; ZHANG et al., 2013).

No Brasil, a problemática envolvendo o crescimento das cidades também existe e pressiona os sistemas urbanos devido ao aumento da demanda por habitação, construção e renovação de edificações e os impactos gerados pelos canteiros de obra sobre a vizinhança no entorno e na cidade como um todo. A taxa de urbanização brasileira foi 84,36% no Censo em 2010 (IBGE, 2013) e os dados da série histórica também apontam a concentração das populações nas capitais e em algumas cidades médias.

Quanto ao sistema de regulação aplicáveis aos canteiros de obras, destacam-se alguns marcos legais nacionais como a Lei 10.257/2001 que institui o Estatuto da Cidade e o Estudo de Impacto de Vizinhança; o Estatuto da Metrópole e na esferas municipais os Planos Diretores de Desenvolvimento de Urbano (PDDU) de cada município (LOLLO; RÖHM,

2009; MARTINETTI, THAÍS H.; RÖHM, SÉRGIO A.; LOLLO et al., 2007). Alguns municípios também têm revisto seus modelos institucionais de governança e regulação ampliando as discussões sobre o temas urbanos (SEDUR-BA, 2013).

Quanto ao sistema de autorregulação no Brasil, alguns setores privados e agências governamentais vêm incorporando gradualmente sistemas de avaliação como o AQUA e o LEED para certificação do processo de produção e eficiência energética de prédios de grande porte (LIBRELOTTO, 2010; OLIVEIRA, 2012; SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003).

Esta modernização da legislação e das ferramentas de avaliação é necessária para lidar com a transformação dos centros urbanos de cidades grandes e médias do Brasil, onde bairros que até então eram caraterizados por edificações térreas e unifamiliares, vêm dando lugar a um conjunto de prédios de múltiplos andares (MAGAROTTO; SANTOS; SILVA, 2013; SCALCO et al., 2010).

Apesar do processo construtivo ser licenciado pelos órgãos de fiscalização para ocorrer no canteiro, não é raro ver os processos auxiliares e os fluxos de pessoal, insumos e equipamentos extrapolarem o lote a edificar, avançando sobre a vizinhança, ocupando calçadas, obstruindo ruas, causando poluição visual e gerando poeiras, ruídos e outras externalidades (LOLLO; RÖHM, 2005). Esta externalização do processo produtivo e "virtualização" do espaço do canteiro de obras, gera uma série de impactos locais no seu entorno, dificultando o acesso, alterando a rotina e incomodando a vizinhança.

Na análise destes efeitos é importante observar que o processo produtivo da indústria da construção tem peculiaridades próprias que o difere de outros segmentos quanto ao arranjo produtivo, espacialidade e tempo. Segmentos industriais tradicionais, a exemplo da indústria química, metalmecânica e automobilística, têm um arranjo produtivo mais definido e homogêneo, em geral, a produção é centralizada em uma ou poucas fábricas e as instalações produtivas (utilidades) são fixas e de longa vida útil. Suas unidades de produção são implantadas em amplos terrenos, em zonas industriais e menos povoada, facilitando o controle e a mitigação dos impactos, usando vias e infraestruturas próprias.

A indústria da construção, por sua vez, tem um perfil mais heterógeno (construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção). O subsetor de construção de edifícios, em geral, tem seu modelo de produção definido pela natureza do empreendimento e de ciclo curto (média de 2 anos), e seu arranjo produtivo é variado não apenas pelo tipo da obra e local como também pela etapa. Adicionalmente, a sua produção é difusa, com alguns elementos pré-fabricados, porém com a maior parte da produção *in loco*.

Esta natureza difusa, ciclos curtos, intenso fluxo de produção e concentrado em pequenas áreas se traduz em uma complexa rede de recursos, agentes e atividades, para os quais os modelos de gestão ainda não dão conta de controlar e minimizar seus impactos negativos.

Em resumo, o processo de construção compreende um sistema complexo que envolve uma série de parâmetros concorrentes como a natureza do empreendimento, o sistema construtivo escolhido, os prazos e recursos disponíveis, a infraestrutura existente (e ou necessária) e as características do lote urbano e de sua vizinhança. O lote urbano tem características diversas de topografia, geologia, acesso, forma e tamanho. Na vizinhança e entorno precisam ser observados o tipo de bairro, a peculiaridades do logradouro, o tráfego, a proximidades com prédios de uso sensível ao incomodo (hospitais, escolas etc.).

Neste cenário é que se insere a presente pesquisa, que tem como objetivo analisar os impactos ambientais de canteiros de obras urbanos para propor um método de previsão de aspectos ambientais gerados pelo processo de construção visando auxiliar a tomada de decisão para a redução dos impactos locais de canteiros de obras de edifícios residenciais.

1.1 Proposta do Trabalho

A pesquisa aborda como tema os aspectos e impactos socioambientais dos canteiros de obras, cujo recorte escolhido foi a construção de um método de quantificação destes aspectos ambientais e tendo com local de estudo e validação um conjunto de canteiros de obra no centro urbano da cidade de Feira de Santana.

1.1.1 Formulação do Problema

Como visto na seção anterior, o crescimento das cidades, em especial das cidades médias, é uma tendência mundial que também vem sendo observada em várias cidades brasileiras, motivado por fatores como maiores oportunidades, migração de pessoas das cidades vizinhas e redução do tamanho das famílias. Esta concentração das pessoas nas cidades tende a agravar problemas urbanos em maior ou menor grau, considerando aspectos de intensidade, localização e temporalidade.

Entres os problemas, alguns são mais facilmente percebidos pela comunidade como aumento da demanda por habitação, sobrecarga na infraestrutura e serviços públicos (energia, água e esgoto), problemas de trânsito, mobilidade, poluição do ar e geração de resíduos.

A expansão e modificação da malha urbana das cidades, com a necessidade de novas edificações e renovação de edificações horizontais, demolidas para dar lugar a prédios de múltiplos pavimentos, provocam impactos locais e temporários em bairros e ruas, e em especial nos vizinhos mais imediatos.

O processo de construção envolve uma rede complexa de atores (agentes públicos de fiscalização, construtoras, incorporadoras, prestadores de serviços e comunidade) e atividades, dentro e fora do canteiro, com materiais e fluxos variados. Todas estas atividades e movimentações que vão além do lote urbano provocam uma série de incômodos na vizinhança imediata e em várias partes da cidade.

Muitas vezes a percepção destes incômodos reduz com o fim da obra, dificultando o controle e a atribuição de responsabilidades, o que pode levar agentes envolvidos a negligenciar tais incômodos. Entretanto, é necessário considerar que, diferente de outros setores industriais com atividades definidas e localização fixa, os impactos da construção urbana têm características como maior variedade de atividades, mudanças da natureza e da intensidade do impacto ao longo da obra, bem como ao surgir uma nova obra o problema migra para outro local com outros agentes e outras atividades. Esta sobreposição de impactos difusos gera problemas em várias escalas como a rua, vizinhança imediata e bairro.

Os canteiros se caracterizam também como polos geradores de viagens, com os fluxos de entrada e saída de materiais, pessoas e serviços de vários locais da cidade e fora dela. São veículos e máquina de diferentes tipos e tamanhos, com cargas diversas, desde materiais brutos como agregados até produtos mais elaborados, todos circulando pela cidade em caminhões pequenos e grandes, com carroceria fechada ou aberta, caminhões betoneiras, guinchos e máquinas diversas transitando pelas ruas, gruas sendo instaladas gerando poluição, poeira e ruído, sobrecarregando vias e obstruindo passagens.

Assim, não apenas o processo de transporte causa impactos, como também a etapa de carga e descarga, em especial pela falta de planejamento e controle, muitas vezes com filas de caminhões em uma única rua, obstruindo acessos, ocupando vagas públicas e danificando calçadas. É comum ainda, principalmente nos bairros residenciais, serem encontrados materiais de menor valor como areia, brita e blocos depositados irregularmente sobre as calçadas e sem data certa de retirada.

Os canteiros, costumeiramente apresentam problemas de falta de informações para a vizinhança desde a inexistência de placas ou quando estas estão fixadas limitam-se as informações mínimas. A vizinhança, em geral, não é comunicada sobre o tipo, porte e prazo

de execução da obra, sendo obrigada a conviver com um problema que não sabe o quanto ou durante quanto tempo vai incomodar.

Apesar do direito de construir exigir licença pública prévia, o gestor municipal e suas secretarias de desenvolvimento urbano e assemelhadas, por questões técnicas e/ou falta de pessoal, ainda têm dificuldade em avaliar e controlar efetivamente o processo de construção de forma a mitigar os impactos dos canteiros de obras sobre os centros urbanos.

O modelo de controle na maioria das vezes se limita a análise documental do projeto, em vez do processo de construção propriamente dito, o que acaba não criando um ambiente de competividade e responsabilidade ambiental, muitas vezes dificultando para aquelas que têm melhores práticas ao expor seus indicadores. Assim, o poder municipal, falha em não usar a regulação como instrumento de política urbana para induzir a modernização da gestão e dos processos produtivos do setor, incorporando tecnologia e materiais de menor impacto.

Esta situação traz desafios para os agentes envolvidos, entre os quais:

a) Reduzir os impactos dos canteiros de obras nos centros urbanos e melhorar o desempenho ambiental destas obras.

b) Melhorar a efetividade da regulação e estrutura de fiscalização local no controle dos impactos de canteiros de obras.

c) Sistematizar indicadores e modelos de avaliação, inclusive analisando o incômodo de vizinhança como um possível indicador de ineficiência da gestão das obras nas fases de projeto e execução. Neste caso, pode-se supor que empresas que negligenciam o controle dos impactos de vizinhança tendem a negligenciar o controle dos impactos ambientais e a prevenção de acidentes de trabalho.

d) Promover a articulação entre a gestão urbana do poder municipal com a gestão dos canteiros de obras exercido pelas construtoras na busca de canteiros de menor impacto.

A Figura 1 apresenta um resumo esquemático dos temas inseridos na problemática apresentada, sobre a qual definimos a questão da pesquisa:

Como desenvolver um método para prever a intensidade dos aspectos ambientais gerados pelo processo de construção, visando auxiliar a tomada de decisão e reduzir os impactos negativos gerados pelos canteiros de obras sobre a vida urbana e ambiente?

Figura 1 - Estrutura Hierárquica do Recorte da Pesquisa (Tema, tópico, problema)

O problema além de formulado como pergunta, também se propõe a atender outras questões de validade científica como proposto por Schrader (apud Lakatos, 2003, p. 127) e aqui adaptado para o tema dos impactos locais dos canteiros de construção:

a) interesses das pessoas envolvidas (moradores, proprietários, gestores, projetistas e construtores), comunidades impactadas e comunidade científica,

b) questão científica que correlaciona a geração dos impactos gerados na interação entre o sistema construtivo e o sistema de controle de impactos nos canteiros.

c) aplicação de uma investigação sistemática, controlada e crítica analisando o objeto de estudo em etapas definidas (caracterização dos canteiros, agentes, levantamento preliminar, aplicação de questionários/entrevistas), com instrumentos de controle da validade dos dados coletados (simulação e análise estatística) e crítica fundamentada no estado da arte.

d) verificação empírica das consequências dos impactos e adequação do controle do processo de construção (observação de campo, medição e indicadores).

1.1.2 Hipóteses

Definida a questão da pesquisa, identificamos uma hipótese que pode ajudar a respondê-la e que será testa durante a pesquisa:

Novas ferramentas de controle de impactos da construção podem ser obtidas através de incrementos nas práticas de gerenciamento de construção, ampliando o alcance de ferramentas tradicionais, a exemplo da incorporação de indicadores ambientais em bases de custos. Além disso, o uso deste conhecimento prévio reduziria o tempo de implantação e a curva de aprendizado, além de aumentar a adesão dos agentes já habituados a ferramenta.

1.1.3 Objetivos

1.1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um método quantitativo para previsão dos aspectos ambientais gerados por canteiros de obras através da combinação de uma base de dados de custos de construção e indicadores de desempenho ambiental.

1.1.3.2 Objetivos Específicos

1. Apresentar um panorama dos impactos dos canteiros de obras sobre as cidades.
2. Fazer um levantamento de políticas públicas aplicadas no controle dos impactos ambientais de canteiros de obras.
3. Identificar princípios e critérios que devem orientar a elaboração do método de previsão dos aspectos ambientais.
4. Caracterizar os impactos ambientais gerados pelos canteiros de obra no contexto de uma cidade média (Problemática local).
5. Analisar como as escolhas dos sistemas construtivos podem interferir na geração e intensidade dos aspectos ambientais (Estudo de caso).
6. Analisar bases de custos de construção visando transformar dados de custos em informações ambientais.

1.1.4 Justificativa

A **principais justificativas** para a pesquisa estão resumidas a seguir:

1. A tendência de concentração urbana nas cidades médias brasileiras pressiona os agentes públicos e privados em ampliar a oferta de novas edificações, através de ocupação de áreas livres e verticalização.
2. A necessidade de reduzir o descompasso da capacidade do sistema municipal de regulação do uso do solo e de seus instrumentos de avaliação e controle.
3. A demanda por ferramentas que conciliem os objetivos da gestão da construção e da gestão ambiental.
4. A necessidade de que o controle dos impactos dos canteiros seja incorporado no planejamento e prática da construção, bem como na formação do pessoal de gestão e de produção.

A melhoria do controle dos impactos de canteiros pode aproveitar experiências de outros modelos de regulação e controle de serviços urbanos como a saúde pública e saúde do trabalhador. Na saúde do trabalhador observar a introdução e aperfeiçoamento do sistema de controle de saúde do trabalhador compreendendo a estrutura institucional de regulação e controle, as normas de segurança, como a NR18, e a exigência de programas internos (PPRA, PCMAT) nas construções os quais veem apresentando ganhos na segurança e produtividade nos canteiros. Na saúde pública é interessante observar o controle exercidos pelos modelos acreditação e licenciamento (licenças e seus condicionantes), programas internos (CTGA, CCIH, PGRSS), sistema de controle compartilhado de regulação+autorregulação (munícipio, estado e unidade de saúde) e exigências de programas de capacitação.

A **relevância** do tema dos impactos de canteiros nos centros urbanos é evidenciada por alguns números do setor da construção, entre os quais:

a) Dimensão econômica: O PIB da Industria da Construção Civil no Brasil em 2015 foi de 337,9 bilhões, equivalente a 7% do PIB Nacional, ocupando 2,9 milhões de pessoas em 131 mil empresas ativas. O subsetor de Edificações Residenciais respondeu por 78 bilhões (28,9%) do PIB da Industria da Construção, atrás apenas do subsetor de Obras de Infraestrutura com 39,5% (IBGE, 2015a).
b) Dimensão social: No Brasil existe uma forte pressão social para reduzir o déficit habitacional que em 2012 era da ordem de 5,9 milhões de domicílios, a maioria nas regiões Sudeste e Nordeste (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2014).

c) Dimensão ambiental: As atividades de construção geram uma série de aspectos ambientais relevantes, tais como resíduos de construção e demolição que respondem em média por 50% dos resíduos sólidos urbanos (KARPINSK et al., 2009); geração de poeira e particulados (ARAÚJO, 2014); ruído (OLVEIRA; KIPERSTOK; CÉSAR, 2016).

1.1.5 Estrutura da Pesquisa

Os resultados da pesquisa estão aqui organizados em 9 capítulos sequenciais e diretamente relacionados os objetivos propostos.

O Capítulo 1, Introdução, apresenta a linha geral da pesquisa a partir do panorama do tema abordado (problematização), identificação do problema da pesquisa, hipóteses levantadas e pressupostos adotados que justificaram a definição dos objetivos (gerais e específicos) e consequentemente da metodologia para atingi-los.

O capítulo 2 traz o referencial metodológico e suas etapas, assim como as estratégias e instrumentos de coleta e análise dos dados para atingir cada um dos objetivos propostos.

O capítulo 3 utiliza uma revisão do estado da arte para identificar os desafios da gestão urbana no controle dos impactos da construção e, na sequência, um levantamento das práticas de gestão urbana no mundo e no Brasil.

O capítulo 4 aborda as ferramentas de avaliação da construção, buscando identificar diretrizes para a elaboração do método de previsão dos aspectos ambientais.

O capítulo 5 contextualiza o problema em uma cidade brasileira, Feira de Santana, e apresenta um estudo comparando os problemas dos canteiros da cidade com aqueles listados no capítulo 2. O estudo utilizou como fonte de dados banco de dados de imagens georreferencias mantido por um aplicativo *web*, o *Google Street View*, e complementada por registro fotográfico em observação de campo.

O capítulo 6 apresenta um estudo de quatro canteiros de obras, no qual o objetivo foi analisar as práticas destes canteiros para compreender como o modelo de gestão e a seleção das atividades construtivas podem contribuir na geração de aspecto ambientais.

O capítulo 7 analisou um conjunto de bases de custos para verificar sua capacidade de comunicar aspectos ambientais e sua viabilidade para servir de base para o método em estudo.

O capítulo 8 apresenta o *Environmental Aspects Prediction Method (EAPM)*, desde as bases de seu desenvolvimento até a sua validação usando dados de dois dos quatro canteiros estudados no capítulo 6. O EAPM é resultado dos capítulos anteriores, em especial reunindo

diretrizes para sistema de avaliação levantadas no capítulo 3 e as explorando as oportunidades de uso de bases de dados identificadas do capítulo 7.

O capítulo 9, por fim, apresenta uma conclusão geral que consolida as conclusões dos capítulos, bem como as principais limitações e as recomendações para trabalhos futuros.

1.2 Perspectivas

1.2.1 Originalidade da Pesquisa e principais contribuições

Na literatura científica existem reconhecidas ferramentas e metodologias para avaliação de edificações e análise dos impactos dos canteiros. Nesta pesquisa classificamos estas ferramentas em dois grupos: os sistemas de avaliação e certificação de edifícios e as metodologias de avaliação do desempenho.

Os sistemas de certificação de edifícios surgiram na década de 1990, como o *British Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) em 1990 e o Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) em 1998 (LEE, 2013). Inicialmente, a avaliação centrava-se no consumo de energia e emissão de poluição dentro do contexto doméstico, a exemplo do BREEAM (Reino Unido), LEED (Estados Unidos), CASBEE (Japão), HQE (França) (AMEEN; MOURSHED; LI, 2015; SHARIFI; MURAYAMA, 2013; SINGH et al., 2009). Atualmente, estes sistemas são largamente utilizados para a avaliar o edifício considerando o grau de atendimento de uma lista de requisitos (HAAPIO, 2012; ILLANKOON et al., 2017; LEE, 2013). Entretanto, alguns autores apontam limitações destes sistemas (LEE, 2013; MATEUS; BRAGANÇA, 2011): a) muitas vezes é orientado pela avaliação de desempenho do produto (edifício) em vez do processo (construção); b) falta de metodologia e indicadores para acompanhar o desempenho durante o processo de construção; c) a adesão em geral é voluntária; e d) os critérios de avaliação muitas vezes mostra desequilibro entre as três dimensões ambientais e de adequação ao contexto local.

A metodologias de avaliação do desempenho são mais recentes e em geral surgiram para instrumentalizar os sistemas de gestão ambiental (SGA), aqueles previstos na série ISO 14000 e o *Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS) (GANGOLELLS et al., 2013). Diferente dos sistema de certificação (orientado pelo produto), estas metodologias em geral têm avaliação orientada pelos processos (CHEN; LI; WONG, 2000; GANGOLELLS et al.,

2009, 2014; MATEUS; BRAGANÇA, 2011), atribuindo escalas de desempenho para as atividades e assim, permitindo compara-las. As metodologias buscam reduzir o aspecto qualitativo através do uso de dados extraídos de instrumentos de gestão da construção como a estrutura analítica de projetos (*work breakdown structure* - WBS) e a lista de quantidades (*bill of quantities* – BOQ). Todavia, tais metodologias também apresentam limitações: a) lista de atividades relativamente fixa, dificultando sua aplicação entre diferentes construções; b) algumas das métricas adotadas apresentam escalas qualitativas carregando certa subjetividade; c) as atividades são avaliadas pela sua quantidade total dificultando considerar o aspecto do tempo e avaliar as sobreposições entre diferentes atividades.

A originalidade do método aqui proposto é que ele avança na integração entre ferramentas de gestão da construção e indicadores de avaliação do desempenho da construção. No caso, em vez de utilizar um instrumento de gestão da construção apenas como uma fonte de dados quantitativos, como no caso das metodologias de avaliação de desempenho citadas, o método usa uma base de dados como suporte e sobre esta insere indicadores ambientais visando obter um instrumento híbrido de avaliação do desempenho da construção e de suas atividades. Entre outros aspectos, o método concilia o conceito de composição unitária de serviços, o qual é comum nas bases de custos de construção (MATTOS, 2010; PINI, 2013), com o conceito de *Material Inputs Per unit of Service* (MPIS) e fator 10 adotado por estudos ambientais (NESS et al., 2007; SINGH et al., 2009).

1.2.2 Contribuições da Pesquisa

A pesquisa implementada e o método de previsão de aspectos ambientais obtido pretendem contribuir em aspectos relevantes para a área de conhecimento:

- Identificando oportunidades para aproximar os modelos de produção e os requisitos de sustentabilidade, ampliando o escopo de uso das bases de custos para além da elaboração e controle do orçamento da obra.
- Identificar estratégias para aumentar a inserção do tema sustentabilidade usando modelos e tecnologias existentes de gestão. Ao usar as bases de dados de custos reduz a curva de aprendizagem e aproveita uma ampla base de dados (*big data*) e sua rede de usuários (construtoras, profissionais da construção, acadêmicos e estudantes) para disseminar conceitos ambientais.

- Incorporar indicadores ambientais nas composições unitárias, possibilitando o uso de outros instrumentas de gestão da construção na avaliação de desempenho ambiental, tais como a classificação de indicadores por relevância (curva ABC e curva S) e seu balanceamento (linha de balanço).
- Fácil adaptação para uso em sistemas informatizados existentes para acompanhamento da obra (e.g., Microsoft Project) ou tecnologias de modelagem de informações da construção (BIM).
- A abordagem inova em caracterizar o objeto (obra) e os impactos, usando aspectos de espacialidade (local de ocorrência), intensidade (grau de aspecto ambiental relacionado ao entorno) e temporalidade (momento que ocorrem). Ao analisar o tema usando a linha de tempo da execução da obra, pretende-se instrumentalizar melhor a gestão e gerenciamento dos impactos

2 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia e os métodos adotados pela pesquisa em suas diversas fases.

2.1 Desenho Conceitual

O desenho conceitual (Quadro 1) adotou etapas e estratégias propostas no livro *The Craft of Research* (BOOTH; COLOMB; WILLIAMS, 2008) para instrumentalizar a pesquisa sobre: como investigar, o que investigar, onde investigar e como avaliar. As 6 questões iniciais atendem a um objetivo específico, os quais contribuem para atingir o objetivo geral.

Seção	**Questão**	**Objetivo específico**	**Metodologia**	**Resultados esperados**
Capítulo 3	**Q1**. Como os impactos ambientais gerados pelos canteiros de obras têm impactado nas cidades?	**E1**. Apresentar um panorama dos impactos de canteiros de obras sobre as cidades	Análise bibliométrica e revisão sistemática (Estado da Arte)	Identificar principais impactos e os fatores que modificam (agravam ou mitigam) sua magnitude.
	Q2. Como as políticas públicas podem contribuir no controle dos impactos ambientais e na melhoria do desempenho ambiental?	**E2.** Fazer um levantamento de políticas públicas aplicadas no controle dos impactos ambientais de canteiros de obras.	Levantamento de práticas de gestão ambiental em sítios eletrônicos. Análise documental.	Panorama de boas práticas. Panorama da regulação dos impactos de canteiros no Brasil.
Capítulo 4	**Q3.** Quais critérios a observar no desenvolvimento de ferramentas para avaliação dos aspectos ambientais gerados por canteiros de obras?	**E3.** Identificar princípios e critérios que devem orientar a elaboração do método de previsão dos aspectos ambientais.	Análise bibliométrica e revisão sistemática (Estado da Arte e Estado da Técnica)	Recomendações para a seleção dos critérios a serem adotados no modelo.
Capítulo 5	**Q4.** Como os canteiros têm impactado as cidades e como ferramentas de georreferenciamento podem auxiliar na sua identificação?	**E4.** Caracterizar os impactos ambientais gerados pelos canteiros de obra em uma cidade média (Problemática local).	Pesquisa de campo. Auditoria ambiental georreferenciada. Análise de imagens	Resultados no contexto local frente ao estado da arte. Recomendações para ajustar o método de previsão.
Capítulo 6	**Q5.** Como as escolhas de projeto e das atividades construtivas alteram a intensidade dos aspectos ambientais?	**E5.** Analisar como as escolhas dos sistemas construtivos podem interferir na geração e intensidade dos aspectos ambientais	Estudo de caso Análise documental	Capacidade das bases de custos em avaliar e disseminar conhecimento ambiental.
Capítulo 7	**Q6.** Como utilizar as bases de custos na avaliação de desempenho e na disseminação de conhecimento ambiental?	**E6.** Analisar bases de custos de construção visando transformar dados de custos em informações ambientais.	Análise bibliométrica e revisão sistemática. Levantamento do tema em cursos de engenharia. Análise da interface base de custos X dimensão ambiental.	Inserção das bases de custos nos cursos e de sua interface com o tema ambiental. Critérios da abordagem dos aspectos ambientais. Viabilidade do uso da ferramenta na avaliação.
Seção	**Questão principal**	**Objetivo geral**	**Metodologia**	**Resultados esperados**
Capítulo 8	Como prever a intensidade dos aspectos ambientais gerados pelo processo de construção?	Desenvolver um método quantitativo de previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras residenciais (Modelagem).	Reunir as análises dos capítulos anteriores. Análise comparativa. Modelagem analítica Modelagem matemática. Validação (estudo de caso	Apresentar os resultados da aplicação do método e as principais fontes geradoras. Listar principais limitações Propor trabalhos futuros Divulgar os resultados (artigos e seminários)

Adaptado de The Craft of Research (BOOTH; COLOMB; WILLIAMS, 2008)

Quadro 1 – Resumo do desenho conceitual da pesquisa

A apresentação do manuscrito seguiu a formatação proposta no Manual de estilo acadêmico: trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses das UFBA (LUBISCO, NÍDIA MARIA LEINERT; VIEIRA, 2013).

A Figura 2 apresenta o fluxograma da pesquisa compreendendo 5 etapas principais. Em cada um dos capítulos estas etapas estão detalhadas, quando a sua finalidade, as metodologias adotadas, bem como os resultados obtidos e a conclusões dos capítulos.

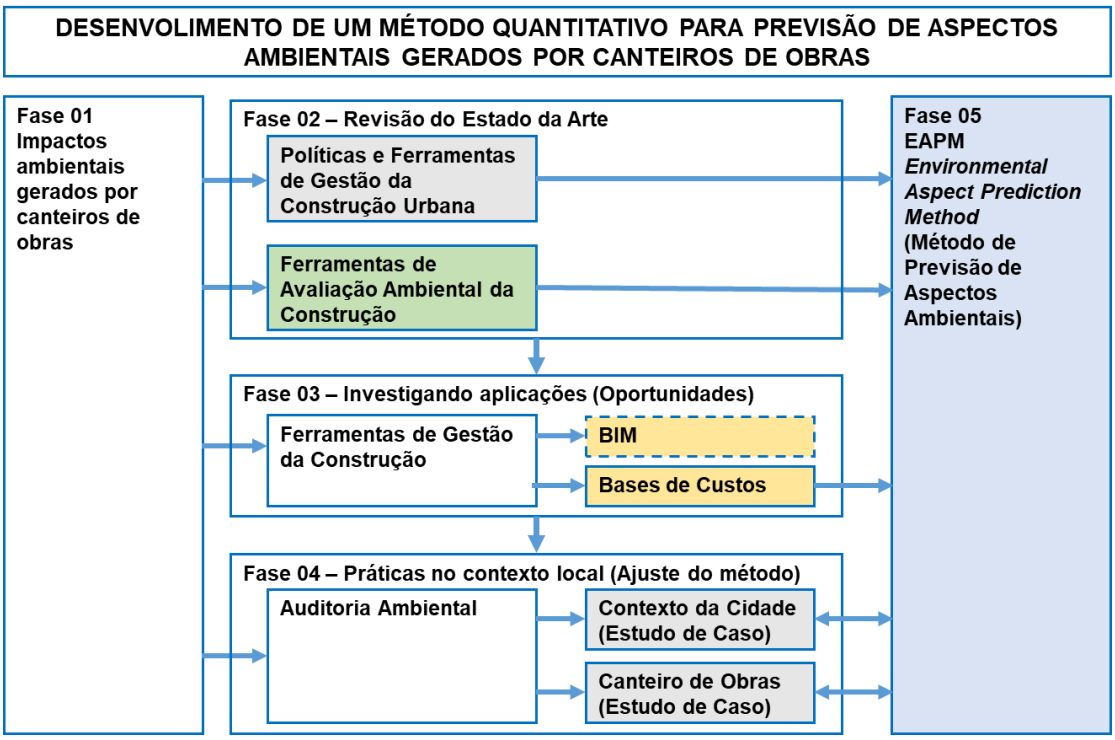


Figura 2 – Fluxograma da pesquisa (Autor, 2016)

A Metodologia aplicada buscou delimitar as questões conceituais, etapas para implementação e identificar os métodos e materiais que podem ser aplicados sobre o tema dos aspectos e impactos ambientais e de vizinhança.

As questões conceituais foram abordadas segundo três eixos de investigação:

- Estado da Arte – revisão de publicações científicas (artigos e teses) que tratam dos aspectos e impactos ambientais gerados durante a fase de construção.
- Estado da Técnica – identificação e análise de guias de boas práticas e experiências relevantes em canteiros de obras, quanto aos modelos de planejamento, sistemas de gestão, tecnologias construtivas e tecnologias da informação.
- Marcos Regulatórios – levantamento das principais legislações relacionadas ao tema, desde marcos federais, como o Estatuto da Cidade, até a legislação urbana municipal, como a Lei de Uso e Ocupação do Solo e o Código de Obra.

O Quadro 2**Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta um resumo dos principais temas abordados segundo cada um destes eixos de investigação e suas principais fontes para busca dos dados.

EIXOS DE INVESTIGAÇÃO	TEMAS	FONTES
ESTADO DA ARTE	Gestão Urbana Políticas de desenvolvimento urbano Uso e ocupação do solo Impactos de vizinhança de canteiros	COMPENDEX CAPES
ESTADO DA TÉCNICA	Gestão da Construção Tipologia das Edificações e Sistemas Construtivos Planejamento de Canteiros Estudos de Impacto de Vizinhança e Ambientais Tecnologias para Redução de Impactos	Mercado da Construção Empresas de Projeto Empresas de Construção Guias e Manuais
MARCOS REGULATÓRIOS	Esfera federal: Constituição Federal, Estatuto da Cidade, Código Civil e Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho. Esfera municipal: PDDU, LOUOS, Cód. de Obras, Cód. de Posturas. Estrutura de Regulação.	Prefeituras Websites oficiais Publicações Oficiais ABNT

Quadro 2 - Temas e principais fontes de pesquisa por eixos de investigação

2.1.1 Delimitação da pesquisa e possíveis limitações

O tema está dentro da linha de pesquisa de Desenvolvimento de Processos vinculada a área de concentração de Desenvolvimento Sustentável de Processos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PEI/UFBA), na busca de soluções de problemas industriais, neste caso, a indústria da construção civil. Considerando as ênfases do programa o estudo pode ser inserido na especialidade da Produção Limpa, Ambiente e Energia tendo como tópico de pesquisa a Produção Limpa e o uso de Tecnologias Ambientais.

Optou-se por fazer um recorte no campo de pesquisa para poder melhor orientar a sua condução na obtenção dos resultados esperados. Uma etapa de estudo de campo foi implementada para adequação do método ao contexto local, sendo escolhido um grupo de canteiros de obras de edificações residenciais nas cidades de Feira de Santana, mais especificamente de obras de construção de edifícios verticais residenciais acima de 8 (oito) andares de médio a alto padrão com unidades residenciais de 2 a 3 quartos.

A metodologia também considerou algumas limitações ao levantamento e a análise dos dados. Neste sentido, foram adotadas ações mitigadoras para uma maior confiabilidade e reprodutibilidade do estudo. O Quadro 3**Erro! Fonte de referência não encontrada.**

apresenta as principais limitações identificadas ao acesso às informações e na análise do problema.

Limitações	Ações mitigadoras
Acesso aos canteiros de obra	Estabelecer um contato prévio com as empresas solicitando a autorização para acesso ao canteiro e explicitando a finalidade da pesquisa
Subjetividade na percepção e avaliação do problema	Aplicação de revisão aprofundada do tema para qualificar os indicadores envolvidos. Adoção de métricas quantitativa reconhecidas para quantificar os indicadores.
Análise de dados multivariados	Atribuição de pesos e/ou uso de pesos técnicas de normalização para comparar indicadores em diferentes grandezas ou unidades de medida.
Falta de adequação ao contexto local	Adoção de equipe consultiva (grupo técnico ad hoc) na fase inicial para concepção do projeto da pesquisa. Submissão dos resultados preliminares a banca de avaliação para validação dos resultados e correção de rumo.

Quadro 3 – Restrições à pesquisa e as respectivas ações mitigadoras adotadas.

O escopo inicial do projeto contou com o apoio de um grupo consultivo formado por profissionais da indústria da construção local e com experiência em ações de sustentabilidade nas etapas de planejamento e execução de obras, como descrito a seguir:

- Arquiteto com experiência em planejamento urbano e projeto de empreendimentos de grande porte e em estudos de impacto de vizinhança.
- Engenheiro civil com experiência em projetos e execução de instalações prediais e compatibilização de projetos de edifícios de grande porte.
- Engenheira civil e pesquisadora na área de sustentabilidade com experiência em gestão e gerenciamento de obras de construção.

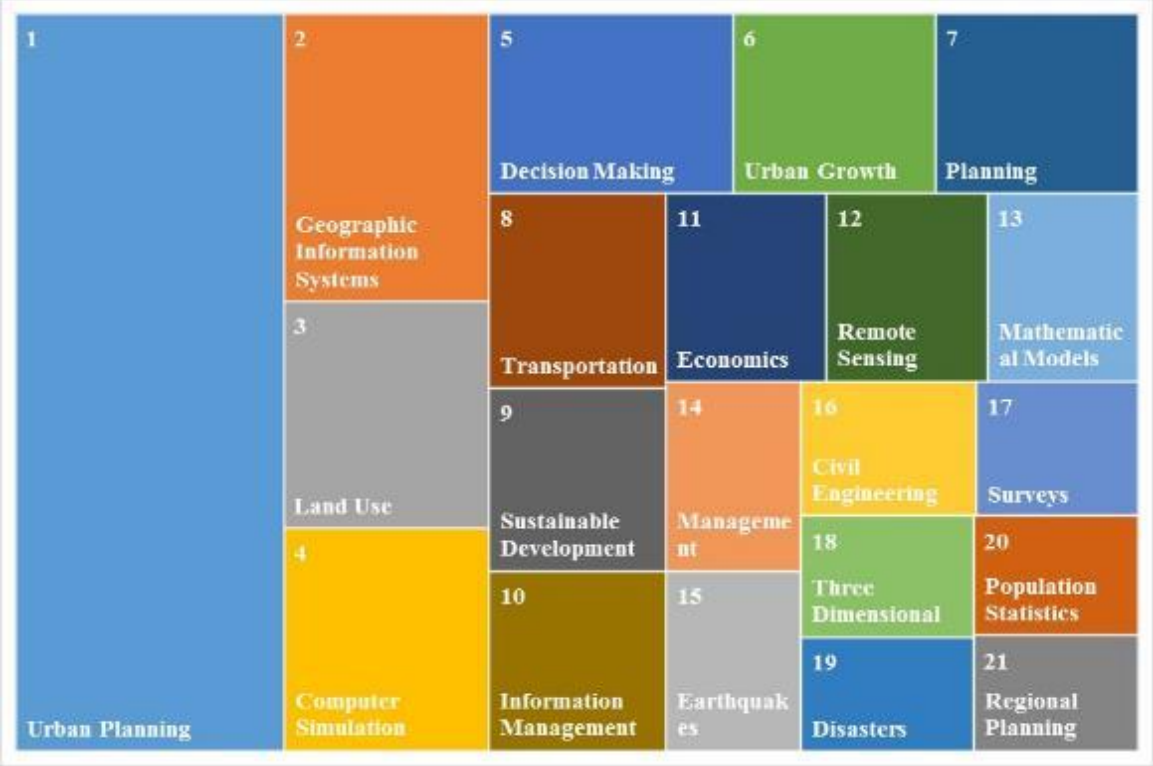
Diversos autores recomendam o uso de grupo ad hoc como apoio ao estudo e avaliação dos impactos das atividades industriais complexas. Cardoso et al (2006), defendem o uso de grupo *ad hoc* na discussão, validação e complementação da matriz de avaliação dos impactos ambientais das obras e para subsidiar as decisões (CARDOSO et al., 2006). Stamm (2003) cita que o método *ad hoc* pode ser utilizado para subsidiar as decisões em situações com pouca disponibilidade de informações e com pouco tempo, entretanto cuidados especiais devem ser tomados para reduzir a subjetividade destas análises (STAMM, 2003).

O uso de grupo de trabalho com fim especifico também é regularmente usado pela metodologia de Produção Mais Limpa, no Ecotime, para melhoria de processos produtivos, redução de desperdício e de resíduos (MATTOSINHO, 2005). Todavia, Moreira (apud Campus, 2005) afirma que são necessários cuidados especiais na escolha dos componentes e na coordenação dos trabalhos para reduzir o grau de subjetividade.

2.1.1 Seleção dos conceitos abordados na pesquisa

A pesquisa adotou, como método preliminar para identificação dos conceitos, um levantamento dos termos "gestão urbana" e "gestão da construção" na base de dados do Compendex (*Engineering Village*), visando orientar a revisão bibliográfica e a seleção de referências cientificas para descrever o Estado da Arte.

A Figura 3**Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os 21 termos (*controlled vocabulary*) com as maiores ocorrências na busca para a palavra-chave "*urban management*" limitada ao período de 2000 a 2016. Entre os achados associados à gestão urbana foram selecionados alguns para um maior aprofundamento: a) planejamento urbano; b) sistemas de informações geográficas; c) uso do solo; d) simulação computacional; e) tomada de decisão; f) crescimento urbano; g) transportes; h) modelos matemáticos; i) desenvolvimento sustentável; j) gestão da informação; e k) engenharia civil.

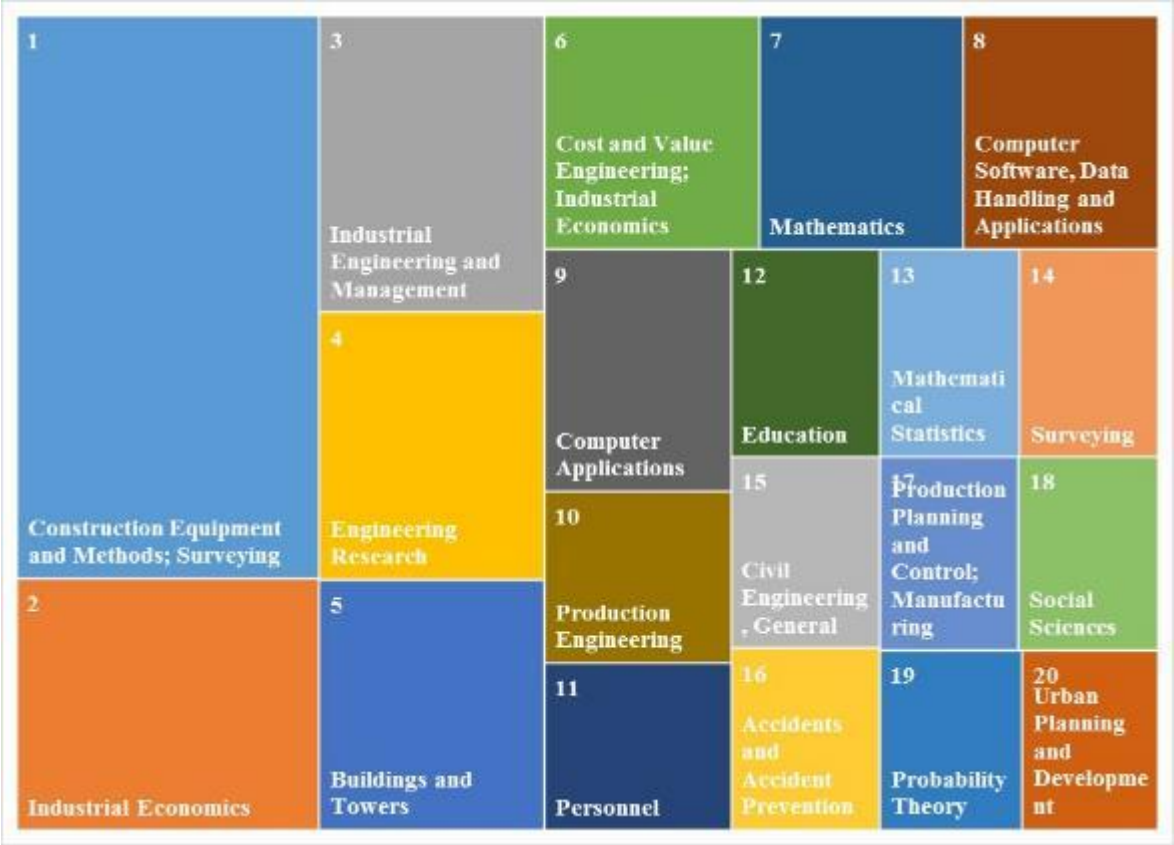


Fonte: resultado da busca no *Engineering Village* para o período de 2000 a 2016

Figura 3 - 21 maiores ocorrências para "*urban management*".

O mesmo procedimento foi aplicado para a palavra-chave "*construction management*". Na Figura 4**Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão indicados os 20 termos (*controlled vocabulary*) com as maiores ocorrências para o período de 2000 a 2016. Entre os temas listados como associados à gestão da construção, foram selecionados: a) métodos e

equipamentos de construção; b) edificações; c) engenharia de custos; d) manipulação e dados e aplicações; e) aplicações computacionais; f) educação; g) planejamento e controle da produção; h) prevenção e acidentes; e i) planejamento urbano.



Fonte: resultado da busca no *Engineering Village* para o período de 2000 a 2016

Figura 4 - 20 maiores ocorrências para "*construction management*"

Estes diversos temas relacionados aos termos “gestão urbana” ou “gestão da construção” foram revisitados, em maior ou menor grau, ao longo dos capítulos. Por exemplo, os termos “planejamento” e “uso do solo” foram abordados no capítulo de estudo da gestão urbana durante a revisão de marcos legais como Estatuto da Cidade, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e a Lei de Uso de Ocupação do Solo. Outros termos como “gestão da comunicação”, “aplicações computacionais” e “sistemas de informações geográficas” são base do sistema de registro e comunicação de dados ambientais.

2.1.2 Identificação das variáveis

A pesquisa previu a adoção de um conjunto de variáveis, algumas das quais para caracterização e comparação do objeto de estudo e para teste e avaliação das hipóteses (MARCONI; LAKATOS, 2003).

A escolha entre variáveis qualitativas e quantitativas foi feita em função da característica, relevância e disponibilidade dos dados. Um maior detalhamento desta escolha é dado no próprio capítulo em que a variável foi aplicada, inclusive descrevendo o método e a fonte (direta ou indireta) de obtenção dos valores de tais variáveis.

Variáveis qualitativas foram usadas para a classificação de características do objeto de estudo, organizando-os em categorias. Variáveis qualitativas nominais foram usadas para, por exemplo, classificar se os aspectos ambientais tinham relação direta ou indireta com a atividade. Entretanto, entre as variáveis qualitativas o estudo priorizou as variáveis ordinais, sobre as quais podem ser atribuídas escalas para a classificação da característica estudada, como na incorporação da categorização proposta pelo EMAS para magnitude e risco em três níveis (baixo, médio e alto).

As variáveis quantitativas foram adotadas para medir aquelas características que apresentam valores numéricos. Exemplo do uso de variáveis quantitativas discretas pode ser observado na quantificação na análise bibliométrica (e.g., número de ocorrência de termos, número de publicações por autor), no estudo de caso (e.g., número de canteiros de obras em um bairro, número de quartos por moradia, número de vagas de estacionamento). Por sua vez, variáveis quantitativas contínuas foram aplicadas pincipalmente no capítulo do estudo de caso dos canteiros (e.g., áreas de terreno, construída e da unidade imobiliária; quantidade de uma determinada atividade construtiva em metro quadrado, volume ou massa) e no próprio método de previsão e aspectos ambientais (e.g., consumo de recursos por unidade de serviço).

Importante observar que a análise da forma de medir algumas das características foi uma das questões do estudo, o qual buscou reduzir a subjetividade na avaliação de aspectos ambientais de canteiros de obras através da incorporação de indicadores em uma base de dados, ambos medidos de forma quantitativo. Esta premissa está na denominação do resultado da pesquisa, ou seja, um método quantitativo para previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras. De fato, como observado no decorrer dos capítulos, a magnitude de determinado aspecto ambiental, por exemplo, medida de forma qualitativa (baixa, média ou alta) nas referências identificadas durante a revisão, passou a ser medida em forma quantitativa (e.g., quantidade de massa consumida, quantidade de tempo). O método propõe um uso combinado, onde a avaliação qualitativa é importante para uma comunicação mais direta das propriedades e a avaliação quantitativa é importante para a comparação e controle dos aspectos ambientais.

2.1.3 Organização do instrumental da pesquisa e teste dos instrumentos

No início da pesquisa foram selecionados alguns instrumentos para planejamento, comunicação e controle do processo. Esta escolha levou em consideração que uma das questões da pesquisa é analisar o uso de sistemas de informação e comunicação na obra. Assim, alguns dos aplicativos foram escolhidos pela sua proximidade com a prática dos canteiros, bem como a possibilidade de serem usados em obras de pequeno porte.

Os aplicativos escolhidos não sua maioria são de uso gratuito ou educacional, a exceção do Microsoft Word e Microsoft Excel com uso de licença proprietária. Entre os aplicativos na versão educacional destacam-se a Autocad e Revit e todos da empresa Autodesk, o Openproj, ORSE e outros. A atividades que demandarem estudo do planejamento e do orçamento das obras estudadas adotaram como base o OpenProj (estudo da Estrutura Analítica de Projetos - EAP) e o ORSE (estudo dos indicadores no orçamento).

As referências foram acessadas pelo sistema de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e outras bases de dados. Na indexação das referências para leitura, seleção e organização das citações foram utilizados aplicativos como o Mendeley e Evernote.

Os formulários e questionários foram formatados e enviados para os respondentes via plataforma de Formulário do Google. Entretanto devido a do retorno, esta ação foi suspensa e procedeu-se a coleta das respostas dos entrevistados pelo pesquisado durante as visitas de campo da fase de registro e observação.

Os mapas temáticos com uso de sistema de informações geográfica foram editados usando a plataforma *My Maps* e a base de dados *Google Maps* ambos da empresa Google.

O planejamento e acompanhando do diário de atividades usou planilhas eletrônicas (Excel), página da pesquisa e o grupo de compartilhamento de mensagens criado no aplicativo mobile WhatsApp.

3 GESTÃO URBANA E OS IMPACTOS DOS CANTEIROS

Este capítulo apresenta um panorama dos principais impactos locais do processo de construção no cenário mundial, agravado pelo aumento da taxa de urbanização, avanço da população urbana e crescimento das cidades, com consequente maior presença da indústria da construção e de seus canteiros nos centros urbanos.

As seções 3.1 e 3.2 abordam a questão 1 do estudo, ou seja, "como os impactos ambientais gerados pelos canteiros de obras têm impactado nas cidades?" (Quadro 1). Para compreender melhor esta situação apresenta um panorama dos impactos de canteiros de obras sobre as cidades (objetivo específico 1).

Estabelecido este cenário, o estudo na seção 3.3 levantou como tais desafios e oportunidades são tratados por alguns países e suas cidades visando identificar boas práticas para reproduzir no contexto das cidades brasileiras. Esta seção busca responder a outra questão da pesquisa "*Como as políticas públicas podem contribuir no controle dos impactos ambientais da construção e na promoção da melhoria do seu desempenho ambiental?*" (questão 2) e para isso se propôs a "*fazer um levantamento de políticas públicas aplicadas no controle dos impactos ambientais de canteiros de obras"* (objetivo específico 2), ambos previstos no desenho conceitual da pesquisa (Quadro 1).

3.1 Concentração Populacional e Urbanização

Em 1950 apenas 30% da população mundial era urbana contra 70% rural. Em meados de 2007, a população urbana já tinha ultrapassado a população rural e em 2014 a população mundial em áreas urbanas chegou a 54%. Segundo projeções, em 2050 teremos 66% da população mundial vivendo em cidades (ONU, 2014).

Apesar de reforçar uma tendência persistente de crescimento, as taxas de urbanização ainda encontram diferenças entre as regiões e os países. Considerando as grandes regiões, apenas a África (40%) e a Ásia (47%) estão abaixo de 50% de população urbana. As demais regiões são significativamente de maioria urbana, como a Oceania (70.8%), Europa (73.4%), América Latina (79.5%) e América do Norte (81.5%) (ONU, 2014).

Números recentes e projeções apontam que o processo de urbanização vai se intensificar na Ásia, África e América Latina, regiões mais pobres ou em desenvolvimento (CADENA et al., 2011; KOURTIT; NIJKAMP; REID, 2014; ONU, 2014). Na América Latina 80% da população já vivia em cidades em 2010 (CADENA et al., 2011). A expectativa para a região

é ultrapassar 84% da população vivendo em cidades em 2025. Outros estudos apontam que a população urbana na Ásia deve chegar a 53% e na África a 47% (DOBBS et al., 2011).

Algumas projeções afirmam que a relação 30/70 entre urbana e rural de 1950 deve se inverter para 70/30 até 2050, quando 66% da população mundial estará em áreas urbanas, incorporando 2,5 bilhões de pessoas, com cerca de 90% deste aumento concentrado na Ásia e África, que começaram mais tarde sua urbanização (ONU, 2014). Relatório da *Mckinsey Global Institute* de 2011 confirma esta tendência de crescimento, e que a América Latina será a segunda região mais urbanizada no mundo em 2025 com 84% da população vivendo em cidades, atrás apenas da América do Norte que deverá ter 86%, seguida da Europa com 77% e China com 59%, esta última passará de maioria rural para urbana (DOBBS et al., 2011).

Os vetores do crescimento da urbanização também vêm mudando segundo o perfil e localização. Segundo estudos recentes, os grandes centros urbanos e megacidades vêm cedendo lugar para o crescimento de cidades entre 150 mil e 5 milhões de habitantes, devido a variação do PIB, rendimento médio e perfil de consumo (DOBBS et al., 2011; ONU, 2014). Atualmente, muitas das cidades que mais crescem no mundo são aquelas entre 500 mil e 1 milhão de habitantes. Antes concentrada na regiões mais desenvolvidas, hoje observa-se também grandes aglomerações na América Latina, África e Ásia (ONU, 2014).

Os países mais desenvolvidos tiveram um processo de urbanização mais gradual, sendo que em 1950 mais de 57% da população já vivia em áreas urbanas. Países em desenvolvimento como Brasil, China e México, registraram rápida urbanização acompanhando a expansão de suas economias, saindo de uma média 20% em 1950 para 63% em 2014, e projeções apontam que alcançarão 79% até 2050.

Esta população urbana está distribuída em cidades com diferentes portes (de pequenas a megacidades). Em 2014, metade da população urbana residia em cidades de até 500 mil habitantes, e 1 em cada 8 (12%) vive em 28 cidades de 10 milhões de habitantes ou mais, as chamadas megacidades (ONU, 2014) (Figura 5). É importante destacar que a classificação das cidades em pequenas, médias e grandes não é consenso nas organizações internacionais e governos dos países. A ONU classifica as cidades por população em: megacidades (acima de 10 milhões), cidades grandes (5 a 10 milhões), cidades de porte médio (1 a 5 milhões), cidades (500 mil a 1 milhão) e pequenas aglomerações urbanas (menos de 500mil).

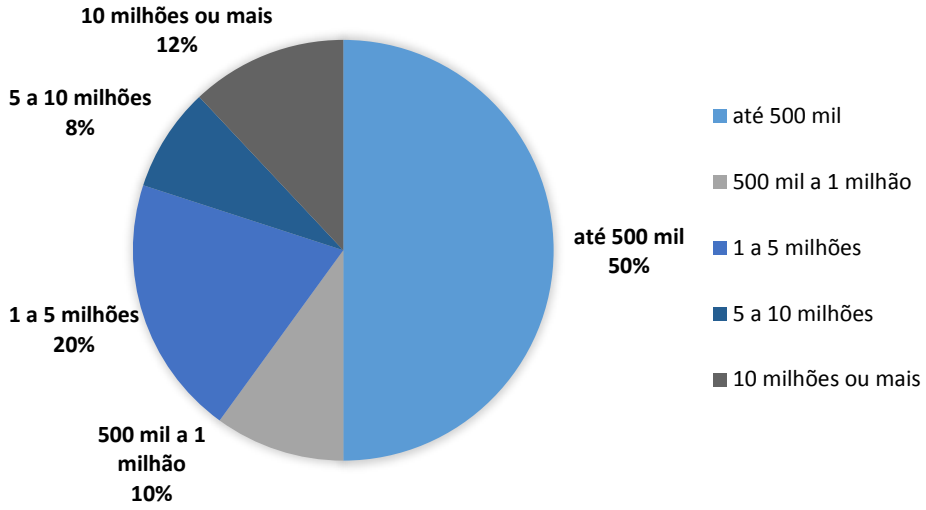


Figura 5 – Distribuição da população mundial segundo o porte das cidades (ONU, 2014)

Entre as megacidades, as maiores são Tóquio, com 38 milhões, Nova Deli, com 25 milhões, Xangai, com 23 milhões e as Cidade do México, Mumbai e São Paulo, com mais de 20 milhões de habitantes. Os números quase triplicaram desde 1990 e a expectativa é que em 2030 já teremos 41 megacidades (ONU, 2014).

As cidades de médio porte, entre 1 e 5 milhões de habitantes, nas últimas duas décadas quase duplicaram sua participação, representando em 2014 cerca de 20% (827 milhões) de pessoas que vivem nas cidades e a expectativa é que este número passe para 1,1 bilhão de pessoas em 2030. Nas cidades entre 500 mil e 1 milhões de habitantes, que registraram 363 milhões de habitantes em 2014, a expectativa é de 509 milhões de habitantes em 2030, mantendo uma participação de 10% na população urbana global (ONU, 2014).

As aglomerações com até 500 mil habitantes ainda reúnem a maior parte da população urbana mundial e em 2030 a projeção é que ainda respondam por 45% da população urbana, mantendo sua importância nos debates sobre as cidades. Esta participação é diferente entre países e regiões. A participação das cidades pequenas é maior na Europa (2/3 da população urbana) e menor na América do Norte (1/3 da população urbana) (ONU, 2014).

Ainda segundo o estudo da ONU (2014), em geral, as aglomerações que mais crescem no mundo são as cidades (pequeno porte) com 500 mil a 1 milhões de habitantes e em seguida as cidades de médio porte entre 1 e 5 milhões de habitantes (ONU, 2014).

Na América do Sul, cerca de 219 milhões de pessoas viviam em áreas urbanas em 1990, o que representava 74% da população da região (Tabela 1). Em 2014, este número aumentou para 341 milhões de pessoas ou 83% da população sul-americana em áreas urbanas. Nas

próximas décadas, mesmo considerando a desaceleração dos últimos anos, a maior parte do crescimento populacional acontecerá nas áreas urbanas e em 2050 as projeções apontam que concentrará 91% da população com 448 milhões de pessoas vivendo nas cidades.

Em 2014, dos 12 países do continente 7 países registraram percentuais de população urbana acima de 70%, liderados pelo Uruguai e Argentina, com 95% e 92% respectivamente, seguindo pelo Chile e Venezuela, ambos com 89%, Brasil, com 85%, Peru, com 78% e Colômbia, com 76%. Em 2050 as projeções apontam incrementos na taxa de urbanização, quando a exceção da Guiana, com 39%, todos os outros países estariam com mais de 70%. Cinco dos países em 2050, apresentariam percentuais acima de 90%, na ordem, Uruguai (97%), Argentina (95%), Chile (93%) Venezuela (92%), e Brasil (91%). Importante observar que o Brasil em 2014, concentrava cerca de metade (50%) da população urbana sul-americana e segundo as projeções de 2050, apesar de reduzir para 47%, ainda manteria uma forte participação.

Tabela 1 - População da América do Sul (em milhares) (ONU, 2014)

	Urbana			Rural			Urbana / Total (%)		
Região / País	**1990**	**2014**	**2050**	**1990**	**2014**	**2050**	**1990**	**2014**	**2050**
América do Sul	**219 145**	**341 279**	**448 033**	**76 690**	**69 653**	**57 052**	**74%**	**83%**	**89%**
Brasil	110 623	172 604	210 238	39 025	29 429	20 882	74%	85%	91%
Argentina	28 378	38 293	48 339	4 247	3 510	2 684	87%	92%	95%
Colômbia	22 741	37 265	53 083	10 566	11 665	9 859	68%	76%	84%
Venezuela	16 638	27 439	38 964	3 103	3 412	3 412	84%	89%	92%
Peru	15 001	24 088	35 405	6 771	6 681	5 679	69%	78%	86%
Chile	11 003	15 881	19 403	2 211	1 892	1 437	83%	89%	93%
Equador	5 577	10 152	17 184	4 547	5 831	5 877	55%	64%	75%
Bolívia	3 776	7 388	13 193	3 018	3 460	3 428	56%	68%	79%
Uruguai	2 767	3 253	3 549	343	166	92	89%	95%	97%
Paraguai	2 069	4 110	7 471	2 180	2 807	2 975	49%	59%	72%
Suriname	267	359	445	139	184	176	66%	66%	72%
Guiana	214	229	314	511	575	501	30%	28%	39%
Guiana Francesa (1)	87	215	443	30	41	52	74%	84%	89%
Ilhas Falkland /Malvinas (1)	1	2	3	1	1	-	50%	67%	100%

3.2 Desafios Urbanos das Cidades Médias

A concentração nas cidades trouxe benefícios econômicos com ganhos de escala na produção de bens e na redução dos custos da oferta de serviços como saneamento e educação (CADENA et al., 2011; KOURTIT; NIJKAMP; REID, 2014). A urbanização criou condições para o avanço da industrialização e da economia, na medida que aumentou a disponibilidade

de mão-de-obra, facilitando a capacitação, resultando em ganhos de produtividade e expansão de atividades industrias (CADENA et al., 2011; ONU, 2014).

De fato, a cidade desempenha a importante função de indutora do desenvolvimento econômico, interligando as atividades de produção e consumo, além de servir de espaço ao acesso aos serviços sociais e culturais (ONU, 2014). Entretanto, estes benefícios não aconteceram da mesma forma nas dimensões sociais e ambientais. O crescimento, na maioria das vezes desordenado, implicou em agravamento de problemas sociais e ambientais (KOURTIT; NIJKAMP; REID, 2014) com piora significativa de diversos indicadores urbanos: aumento do uso da energia e poluição do ar (IEA, 2016), problema de mobilidade urbana (SILVA; COSTA; MACEDO, 2008), escassez hídrica, uso do solo (LOLLO; RÖHM, 2009; SHEN et al., 2011), geração de resíduos urbanos (ALWAN; JONES; HOLGATE, 2015; PINTO, 1999) e emissão de ruído e poeira (MORAES; COSTA; ARAÚJO, 2016; OLVEIRA; KIPERSTOK; CÉSAR, 2016).

Segundo Kourtit et al (2015), a necessidade de aproveitar a vantagens das aglomerações urbanas e controlar seus problemas demandam, além de novas tecnologias, governos e modelos de gestão que promovam a colaboração dos atores envolvidos na busca de uma cidade sustentável e resiliente. Os autores apresentam uma relação de desafios para as cidades na busca do crescimento sustentável: mapear as forças que orientam a dinâmica urbana, identificar os motores desta evolução, orientar o uso do solo como instrumento de melhoria e implantar políticas de infraestrutura, culturais e econômicas (KOURTIT; NIJKAMP; PARTRIDGE, 2015). Destacam ainda, que o aumento da urbanização também traz externalidades negativas como poluição, congestionamento, questões de segurança e degradação social. A falta de regular e mitigar estes efeitos pode significar a saída de pessoas mais qualificadas para outras cidades que apresentam melhor qualidade urbana. Ao mesmo tempo, as cidades trazem externalidades positivas quando aproveita a inovação e implementa soluções de acessibilidade e mobilidade. (KOURTIT; NIJKAMP; PARTRIDGE, 2015).

Estudos do Instituto McKinsey publicado em 2011 sobre tendências econômicas para as próximas décadas, também destacam o crescimento da importância das cidades na economia mundial (DOBBS et al., 2011). O estudo analisou as cidades com mais de 150 mil habitantes na Europa e dos Estados Unidos e acima de 200 mil habitantes nos demais países, comparando dados de 2007 e projeções para 2025 sobre 30 setores em mais de 20 países, em três eixos principais: a) produtividade, competitividade e crescimento; b) evolução dos mercados financeiros globais e; c) impacto econômico da tecnologia.

Segundo o estudo, em 2007 metade da população mundial respondia por 80% do PIB. Considerando apenas o grupo das 600 maiores cidades de 2007 os números são significativos, estas 600 cidades respondiam por 22% (1.5 bilhões) da população mundial, mais da metade (30 trilhões) do PIB global, e onde as 100 maiores cidades geravam 38% do PIB global (DOBBS et al., 2011). Entre 2007 e 2025, as projeções indicam que o grupo das 600 vai ser renovado, com algumas cidades perdendo projeção e sendo substituídas por outras em ascensão. Esta renovação prevê a redução da participação das cidades desenvolvidas e a chegada ao grupo de 136 novas cidades, a grande maioria da China.

O estudo aponta que o crescimento mundial das últimas décadas tem sido liderado por um grupo de cidades médias com populações entre 150 mil e 1 milhão de habitantes (DOBBS et al., 2011). As megacidades que contribuíam com 14% do PIB mundial em 2007 devem contribuir com pouco mais de 10% em 2025. Já um grupo de 407 cidades médias de mercados emergentes, devem responder por quase 37% do PIB global entre 2007 e 2025.

A conjunção de concentração urbana, crescimento da renda e redução do tamanho do grupo familiar tendem a aumentar a demanda de habitação. O tamanho médio do grupo familiar mundial de 4.4 em 2007 deve cair para 3.7 em 2025, enquanto na América latina este número deve cair de 3.8 para 3.1. Estima-se uma demanda de 250 milhões de novos domicílios até 2025 apenas nas 600 maiores cidades. Em regiões como a África Subsaariana e China o número de famílias deve dobrar. Na América Latina um outro fator é a atração de jovens adultos para as cidades em expansão (DOBBS et al., 2011).

Outros fatores regionais também influenciam nos modelos de urbanização, como exemplo, na China a tendência é liderada pelo crescimento das atuais e novas megacidades, enquanto na América Latina o crescimento até concentrado nas maiores cidades passa a ser mais distribuído e ganha relevância as cidades médias em expansão (CADENA et al., 2011).

Segundo Dobbs et al (2011), os ganhos de escala podem ser observados no crescimento Chinês, onde em 2011 apenas 13 cidades tinham populações acima de 5 milhões. O modelo chinês para estas grandes cidades ganharem escala foi baseado em um conjunto de fatores: a) as cidades grandes atraem os talentos, sustentada por uma forte rede de ensino; b) estas cidades atraem os investimentos, aliada a uma ação do governo federal na melhoria da infraestrutura, impostos e concessões; c) as grandes cidades atuam articuladas com cidades menores criando um efeito de rede, melhorando a produtividade (DOBBS et al., 2011).

Na América Latina, o processo de crescimento foi liderado pela expansão urbana das suas grandes cidades (CADENA et al., 2011). Entretanto, esta expansão não foi acompanhada

do aperfeiçoamento do planejamento e políticas públicas. Esta expansão desordenada gerou problemas de congestionamento, poluição, violência e distribuição desigual de moradia e emprego, provocando uma desaceleração das taxas de crescimento das grandes cidades e o avanço das cidades de médio porte (ANDRADE; SERRA, 2013; DOBBS et al., 2011).

Esta concentração traz uma série de desafios urbanos para as cidades grandes e médias (KOURTIT; NIJKAMP; REID, 2014). As tendências apontam mudanças no cenário urbano, com crescimento e adensamento das cidades, com aumento da complexidade dos seus problemas e exigindo uma maior preparação e engajamento dos gestores e agentes para responder estas demandas e conduzir as melhorias para a população. Um dos caminhos para melhorar estes indicadores é investir no planejamento e implementação de políticas de gestão urbana que tornem as cidades mais equitativa e sustentável.

Relatórios da ONU apontam que na América Latina o fortalecimento das cidades pequenas e médias pode evitar concentrações excessivas das funções econômicas e administrativas em algumas poucas cidades, promovendo a distribuição espacial da infraestrutura e de serviços urbanos básicos, e assim, reduzindo os impactos negativos do crescimento urbano. Esta ação deve ser feita de forma coordenada, partindo de um bom diagnóstico das necessidades das aglomerações para a definição dos objetivos e da implementação de instrumentos de monitoramento para controle e ajuste das ações. Neste sentido, o relatório de políticas públicas do Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da Organização das Nações Unidas (ONU, 2014) destaca algumas ações para atingir um urbanização mais sustentável:

- Governos comprometidos com a gestão das cidades e da expansão urbana.
- Melhoria dos serviços públicos com o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC).
- Construção de capacidades institucionais.
- Abordagens integradas.

Esta lista de ações foi incorporada como critérios para a análise das práticas de gestão da construção abordada no tópico seguinte e para a análise dos instrumentos de avaliação de desempenho, bem como para o desenvolvimento do método de previsão de aspectos ambientais, objetivo geral desta pesquisa.

3.3 Panorama de Práticas em Gestão da Construção Urbana

Diante do cenário apresentado na seção anterior quanto aos desafios urbanos das cidades e limitando sua abordagem aos problemas de impactos ambientais gerados pelos canteiros de obras é necessário investigar como mitigar tais efeitos negativos.

O estudo identificou e analisou uma lista de práticas governamentais comparando-as com o conjunto de ações de gestão proposto pelo Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais da Organização das Nações Unidas (ONU, 2014) abordado na seção anterior: a) investimentos em gestão urbana; b) uso de tecnologia da informação para melhoria dos serviços públicos; c) construção de capacidade institucionais; e d) abordagem integrada.

O levantamento das boas práticas de gestão adotou como fonte os sítios eletrônicos dos governos municipais: prefeitura (Brasil); câmara municipal (Portugal); *ayuntamiento* (Espanha); *city council* (Estados Unidos e regiões do Canadá); *Local council* (Reino Unido, Austrália e Nova Zelândia) e *Mairie* (França e regiões do Canadá).

Nos sítios eletrônicos a pesquisa também considerou algumas variações do termo "canteiros de obras" que é comum no Brasil, como no caso do termo estaleiros de construção usado em Portugal. Assim, entre os termos pesquisados destacam-se: canteiro de obras (estaleiros de construção, *construction site, chantiers de construction*); ruídos (*noise*, *bruit*); poeiras (*dust, poussière*); passeio, calçada (*sidewalk*); transtornos e incômodos (*nuisance*); vizinhança (*neighborhood*, *quartier*); resíduos (*waste, garbage*, *déchets*).

O Quadro 4 apresenta um resumo dos dados coletados e classificados por regiões e grupos de países, sua abrangência (nacional, regional ou local), a descrição do instrumento, o tipo (e.g., portal de serviços, marco regulatório, sistema de informações geográficas) e o sítio eletrônico. Na sequência foi feita uma análise da prática de gestão a partir do conteúdo divulgado no sítio eletrônico.

País	Abrangência	Instrumento	Tipo	Sítio eletrônico
Estados Unidos	New York	NYC Environmental Protection	Portal de serviços de gestão ambiental (legislação e guias)	www.nyc.gov/html/dep
		NYC Building	Portal de serviços de construção urbana (legislação e guias)	www.nyc.gov/dob
	Seattle	Department of Natural Resources	Portal de serviços de controle da construção (legislação e guias)	www.kingcounty.gov/depts/dnrp
		Data King County	SIG com dados de construção urbana	data.kingcounty.gov/
	Detroit	Detroit Demolition Program	SIG com dados de construção urbana	www.detroitmi.gov/demolition
Canadá	Edmonto	Home Improvement Permits	Portal de serviços de licença de construir (legislação e guias)	www.edmonton.ca/
		Your Neighbourhood:	SIG com dados de construção urbana	www.edmonton.ca/
Austrália	Nacional	Australian Building Codes Board	Portal do órgão regular da construção (legislação e guias)	www.abcb.gov.au
		National Construction Code (NCC)	Código de construção nacional	ncc.abcb.gov.au/ncc-online/NCC
	Sydney	Our neighbourhood	Portal de serviços para divulgação das intervenções no bairro	www.cityofsydney.nsw.gov.au
		Construction hours	Regula horários dos canteiros	www.cityofsydney.nsw.gov.au
		Creating better neighbourhoods	Portal de serviços para promoção do bairro	https://betterneighbourhoods.org/
	Adelaide	Development Approvals	Portal de serviços de licença de construir (legislação e guias)	www.cityofadelaide.com.au/planning-development
		3D City Model	Modelagem 3D para planejamento urbano	www.cityofadelaide.com.au/planning-development
		Sustainability	Guia de boas práticas ambientais	www.cityofadelaide.com.au/city-living/sustainable-adelaide/
Nova Zelândia	Nacional	Building and renovating	Portal de serviços de construção urbana	https://www.govt.nz/browse/housing-and-property/
		Insulation and energy efficiency	Programa de apoio ao isolamento térmico e eficiência energética residencial	www.govt.nz/browse/housing-and-property/insulation-and-energy-efficiency
Reino Unido	Londres	The London Plan	Portal de serviços de planejamento urbano (legislação e guias)	www.london.gov.uk
		London Development Database (LDD)	SIG com dados de construção urbana	maps.london.gov.uk/map/?ldd
	Birmingham	Birmingham Planning and development	Portal de serviços de planejamento urbano (legislação e guias)	www.birmingham.gov.uk/planning
		Birmingham City Laboratories (BCL)	Consultoria de avaliação e acreditação da construção	www.birmingham.gov.uk/planning
Espanha	Madri	Medio Ambiente	Portal de serviços de gestão ambiental (legislação e guias)	www.madrid.es/portal/site/munimadrid
		Vivienda Y Urbanismo	Portal de serviços de gestão urbana (legislação e guias)	www.madrid.es/portal/site/munimadrid
		Licencias urbanísticas	Portal de serviços de licença de construir (legislação e guias)	www.madrid.es/portal/site/munimadrid
		Base de Datos de la Construcción	Portal para acesso às composições de custos	www.madrid.org/bdccm
Portugal	Lisboa	Viver Lisboa	Portal de divulgação das políticas públicas	www.cm-lisboa.pt/viver
		Re-Habitar Lisboa	Programa de melhoria das habitações e de arrendamento para imóveis ociosos	www.rehabitarlisboa.cm-lisboa.pt/inicio/
		Lisboa Interativa	SIG com dados municipais	http://lxi.cm-lisboa.pt/
	Porto	Porto Ambiente	Portal de serviços de gestão ambiental (legislação e guias)	www.cm-porto.pt/
		Plano Diretor Municipal	Portal de acesso ao plano diretor da cidade do Porto	www.cm-porto.pt/pdm/o-pdm_5

Fonte: Organizada pelo Autor (2017)

Quadro 4 Lista de práticas de gestão da construção por países

3.3.1 Estados Unidos e Canadá

a) Nova Iorque

A cidade de Nova Iorque, com mais de 8 milhões de habitantes e aproximadamente 1 milhão de imóveis, conta com uma complexa rede de controle da gestão da construção urbana (construção, reforma e demolição), regulada principalmente pelo Departamento de Edificações (DOB), Departamento de Proteção Ambiental (DEP) e pelo Corpo de Bombeiros em ação articulada conforme a natureza da construção, atuando na normatização, aplicação do código de construção, análise dos projetos, licenciamento e fiscalização das obras.

Os sítios eletrônicos do DEP e do DOB investem em soluções integradas de informação e comunicação, dispondo de uma série de documentos e sistemas para orientar construtores e dar transparência aos processos para controle pela comunidade. Entre os documentos destaca-se o relatório *Strengthening the Safety, Oversight and Coordination of Construction, Demolition and Abatement Operations*. O fluxo do processo de pedido de construção adota uma série de padrões e *checklists* de verificação, inclusive prevendo modelos simplificados de auto certificação para obras de menor porte.

No portal a comunidade local pode ter acesso via sistema de busca web a informações sobre as construções em geral ou por bairro (*Building on My Block*), e sobre os construtores, empreiteiros e profissionais registrados na cidade. A busca traz informações detalhadas dos pedidos de licença como a natureza da obra, contatos do requerente, prazo de construção, tipos de serviços previstos e riscos envolvidos.

b) Seattle

Outras cidades, condados e estados americanos possuem modelos institucionais próprios com suas políticas, legislações e sistema de controle da construção. No condado de King County, cuja sede é Seattle (6000 mil habitantes), no estado de Washington, também se identificou políticas públicas, guias e bases de dados aplicados na gestão da construção. Por exemplo, o programa "*Being a Good Neighbor During Construction*" que apresenta diretrizes de mitigação e controle de incômodos (ruídos, emissões e poeira), riscos ambientais (erosão e contaminações), riscos de acidentes, tráfego e estacionamento, regulando o processo de construção no canteiro e no seu entorno. Construções de menor impacto também são incentivadas por guias como o "*King County Green Building Handbook*". O condado também disponibiliza um sistema aberto de consulta de dados municipais georreferenciados (https://data.kingcounty.gov/) com sistema de buscas e diversos filtros.

O portal do Departamento de Licenciamento e Análise Ambiental de King County disponibiliza acesso a normas e instrumentos: código ambiental (regulamentos e sistema de reclamação), políticas urbanas, segurança contra incêndio, sistema de informação geográfica, orientações para proprietários (zoneamento, empreiteiros certificados e construção verde). Merece destaque as ações de apoio aos pequenos construtores, através do compartilhamento de informações, guias para construtores e imobiliárias, plantas (modelos e mapa da cidade) em formato CAD e o Programa de Avaliação por Pares que reduz o tempo de licenciamento.

Políticas de gestão da construção urbana também têm ajudado cidades como Detroit na recuperação de áreas degradadas pela queda econômica naquela região industrial. Programas como o *Detroit Demolition Program* (www.detroitmi.gov/demolition) mantem um sistema de informações geográficas para divulgar áreas passiveis de demolição e requalificação, interligando proprietários à possíveis compradores e construtores. Os processos de construção, reforma e demolição podem ser solicitados via sistema online e a cidade possui um sistema de autorização para empreiteiros locais e profissionais especializados.

c) Edmonto (Canadá)

Edmonto, com 812 mil habitantes, capital da província de Alberta no Canadá, também implementa políticas e práticas de gestão urbana para reduzir os impactos da construção e para integração e melhorias no bairro. Planejadores, construtores e proprietários tem no sito eletrônico do governo municipal (www.edmonton.ca) acesso a um sistema de informações geográficas (*Neighborhood Interactive Map*) que reúne também as obras públicas em execução. A cidade de Edmonto adota o Código de Construção de Alberta de 2014 e o Código Nacional de Energia dos Edifícios de 2011, códigos que passam por revisões regulares com a participação das comunidades. Muitos outros programas também merecem ser citados com atuação do poder público, tais como o Programa de Renovação da Infraestrutura dos Bairros (ruas, calçadas e iluminação pública) e o Programas de Vizinhança (*Your Neighborhood: "Great cities are built one great neighborhood at a time*").

3.3.2 Austrália e Nova Zelândia

a) Austrália

No levantamento da gestão da construção urbana nos sítios eletrônicos australianos observou-se uma integração entre os marcos regulatórios da província e os nacionais, como o *National Construction Code (NCC)* que possui versões especificas para vários setores da

construção e são editados pelo *Australian Building Codes Board* (ABCB), o qual regula e define diretrizes para os códigos de construção das províncias.

A cidade de Sydney adota programas como o *Building better neighborhoods*, com ações de controle de ruídos, restringindo horários de construção e exigindo que as obras apresentem plano de gestão de ruído. Adicionalmente, o programa adota ações de apoio para boas práticas, disponibilizando consultores acústicos e informações técnicas. O código de construção pode ser acessado no portal. Outras cidades e regiões australianas como Perth, Vitória e Cockburn têm sistemas e códigos de obras semelhantes, com regras como a limitação do horário de ruídos de construção, o registro de queixas, e os programas de orientação desde grandes construtores até aqueles que querem construir suas próprias casas.

Na região da Austrália do Sul, a capital Adelaide vem implementando programas em parcerias com o setor privado: a) *Better Neighborhoods Program*; B) *Environmental Services*; C) *Renewing our Streets and Suburbs*.

b) Nova Zelândia

Na Nova Zelândia o modelo é semelhante ao modelo australiano com normas nacionais para definição de diretrizes da gestão da construção e normas locais detalhando temas específicos. As diretrizes nacionais são acessíveis por meio do site eletrônico do governo (www.govt.nz), integrando soluções de meio ambiente, ambiente construído e segurança, com programas e guias diversos sobre resíduos de construção, casas mais inteligentes (*smarter homes*), ruídos na construção, autoconstrução e seguranças em canteiros.

3.3.3 Europa

a) Reino Unido

A prefeitura da cidade de Londres (8,5 milhões de habitantes) disponibiliza acesso à informação em gestão urbana em seu sítio eletrônico (www.london.gov.uk), incentivando a mobilização dos agentes sociais na busca de melhorar a qualidade da cidade.

No website do governo municipal estão disponíveis informações sobre grandes temas, tais como meio ambiente, moradia e uso do solo. No tema meio ambiente são abordadas questões como: poluição e qualidade do ar, espaços verdes, reciclagem, economia verde, água, energia e mudança climática. O tema moradia e uso do solo aborda questões como: aluguel, aumento da oferta de moradias, melhoria das unidades novas e existentes, além de políticas de recuperação de áreas degradas e apoio aos desabrigados em situação de risco.

As políticas públicas urbanas estão reunidas no denominado "*The London Plan*", organizado em diversos capítulos (e.g., sociedade, economia, mudanças climáticas, transportes e áreas verdes). O documento traz uma série de guias e referências que podem ser acessados por pesquisadores, setores industriais e comunidade, com guia de oportunidades e orientações de planejamento. Entre as ferramentas merece destaque o *London Development Database* (LDD), sistema de informações geográficas tipo *webmap* (https://maps.london.gov.uk/map/?ldd) que acompanha o fluxo de permissões de construção, reforma e demolição de unidades residenciais.

As questões ambientais estão reunidas no capítulo 5, que trata da resposta de Londres para as alterações climáticas, reunido uma série de políticas reunidas em cinco eixos temáticos: a) mitigações às mudanças climáticas; b) adaptação às mudanças alterações climáticas; c) desperdícios, d) agregados para construção; e) contaminação do solo e substâncias perigosas. O item 5.3 do documento, trata explicitamente das políticas de projeto e construção sustentável, exigindo a incorporação de padrões de design sustentável no projeto, construção e operação e a necessidade de instrumentos para monitorar os resultados ao longo do ciclo de vida. Em alguns trechos as políticas estabelecem metas claras, como o reuso/reciclagem de 95% dos resíduos de construção, demolição e escavação até 2020 para promover diretrizes como incentivar o desenvolvimento de instalações de reciclagem.

Outro exemplo é a cidade de Birmingham, com 1,1 milhões de habitantes, no condado de West Midland, que também disponibiliza informações e instrumentos de planejamento e desenvolvimento urbano (www.birmingham.gov.uk/planning). A prefeitura conta ainda com consultoria independente, o *Birmingham City Laboratories* (BCL) e com o *United Kingdom Accreditation Service* (UKAS), para avaliação e acreditação dos processos de construção na cidade, com foco na gestão da construção, controle tecnológico, análise de riscos e segurança.

O Guia de Planejamento e Edificações de Birmingham, permite acesso aos regulamentos e formulários, solicitar permissão de construção (online), acompanhar os pedidos em andamento, notificar problemas e reportar queixas.

A gestão municipal também promove a aproximação entre interessados em autoconstrução e proprietários de lotes à venda, para melhorar os padrões de moradia e reduzir espaços sem uso. A participação da comunidade no planejamento do bairro é incentivada através no Fórum de Vizinhança e voto do plano de desenvolvimento do bairro.

b) Espanha

Na cidade de Madri, com mais de 3 milhões de habitantes, a prefeitura disponibiliza em seu sítio eletrônico (http://www.madrid.es) um conjunto de informações e instrumentos para a gestão urbana, em temas como habitação e desenvolvimento urbano. No portal podem ser acessados os principais regulamentos, fluxo de procedimentos e formalidade que devem ser atendidas. O processo de pedido de licença de construção é *online*, permitindo o acompanhamento do trâmite pelo interessado e pela comunidade das licenças de construção emitidas ou em andamentos desde 2005.

Mesmo aquelas reformas que não necessitem de projeto técnico (alterações em paredes divisórias, e pequenos reparos) devem ser comunicadas, porém, para estes casos, de forma simplificada via comunicação prévia online. As atividades de menor porte como pinturas e aplicação de revestimento interno são isentas de comunicação previa, desde que atendam a uma única habitação e não afetar áreas protegida. As comunicações simplificadas devem apresentar uma série de informações como projeto da reforma assinado por responsável técnico (caso exigido), descrição das atividades (localização, acessos e comunicação com vizinhos, máquinas e equipamentos, instalações sanitárias e medidas de prevenção contra incêndios), plantas e desenhos, orçamento da obra e documentos de quitação de tributos.

A gestão municipal conta com instrumentos específicos como a Inspeção Técnica de Edifícios (ITE), que além de monitorar as edificações também orienta políticas de requalificação urbana, inclusive com subsídios para obras em edifícios residenciais para adequar as condições de segurança, saúde e paisagem urbana.

a) Portugal

A Câmara Municipal de Lisboa disponibiliza um portal online com a seção Viver Lisboa (http://www.cm-lisboa.pt/viver) para divulgação de políticas, regulação, consulta e comunicação com a comunidade sobre temas diversos. A seção é organizada por eixos temáticos alguns com interfaces com os processos de construção: ambiente, habitação, higiene urbana, mobilidade e urbanismo. O Plano Local de Habitação vem promovendo uma maior participação da comunidade nas intervenções de reabilitação dos bairros, habitação acessível para a população jovem e o mercado de arrendamento (aluguel).

Na cidade tem papel relevante a política de reabilitação para reduzir a ociosidade das unidades imobiliárias, melhorar a eficiência ambiental, dinamizar o mercado de construção civil em especial pequenas e médias empresas. O Re-Habitar Lisboa, conta com uma série de

instrumentos e subvenções, a exemplo do Programa Reabilita Primeiro Paga Depois, que proporciona apoio para elaboração de projetos e execução e obras, concebido para incentivar o mercado imobiliário em recessão e reduzir os estoques de imóveis ociosos.

A cidade disponibiliza acesso ao Plano Diretor Municipal de Lisboa (PDM) e seu Sistema de Informação Geográfica, Lisboa Interativa (http://lxi2.cm-lisboa.pt/lxi/), que reúne informações georreferenciadas sobre a cidade, com navegação por tema e pontos de interesse.

O Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação de Lisboa (RMUEL) que integra o PDM está em revisão, inclusive com recebimento de contribuições das partes interessadas. O RMUEL vigente regulamenta a urbanização e edificação na cidade em temas como enquadramento arquitetônico, condicionantes ambientais, segurança, execução de obras e aplicação de normas técnicas. Destacam-se alguns aspectos:

- Obras de requalificação são incentivadas, inclusive com reduções ou isenções.
- Nas atividades de demolição estão previstos condicionantes rígidos para licenciamento prévio, preservação de elementos de valor histórico ou artístico, responsável técnico habilitado, existência de medidas de contenção e segurança.
- Cada edifício ou fração deve possuir ficha técnica em formato digital depositada na Câmara Municipal.
- Nova edificações devem prever uso de sistemas de aproveitamento de ventilação natural e de energias renováveis.

Um dos capítulos (Cap. IV) do RMUEL trata especificamente do acompanhamento e execução da obra, e conta com três instrumentos complementares: a) regulamento sobre ocupação de via pública por tapumes, andaimes, depósitos de materiais, equipamentos e contentores para realização de obras; b) regulamento geral do ruído; c) Decreto-Lei n.º 46/2008 que trata da gestão de resíduos de construção e demolição.

O serviços de acompanhamento pode ainda solicitar documentos complementares: a) termo de responsabilidade técnica; b) livro de obra; c) estimativa de custo da obra; d) declaração de titularidade de certificado de classificação de industrial de construção civil ou título de registo na atividade; e) medidas cautelares de proteção do solo e/ou da vegetação existente; f) apólice de seguro que cubra a responsabilidade pela reparação dos danos emergentes de acidentes de trabalho; g) plano de segurança e saúde.

O RMUEL também traz limites sobre prazos de obra conforme a natureza e tamanho da intervenção e promove transparência ao processo de construção, garantindo o direito à

informação que pode ser exercido por vizinhos das obras, exigindo divulgação pública das plantas dos projetos em execução ou a executar de maior impacto.

A cidade do Porto, também possui programas e instrumentos semelhantes aos implementados em Lisboa. O sítio eletrônico do governo municipal do Porto (http://www.cm-porto.pt/) disponibiliza informações sobre urbanização e edificações:

- O Plano Diretor Municipal – PDM;
- Portal de Informações Geográficas;
- Simulador de taxas municipais, que permite informações online sobre taxas diversas, inclusive relacionadas à demolição, construção e reformas. As taxas de licença variam quanto ao tipo de serviço (demolição, construção e reforma), localização do lote, parâmetros urbanísticos e prazo de construção.
- Balcão de Atendimento Virtual (online e por telefone), sistema que permite o acesso ao sistema de análise de processos de urbanização e edificação, com informações pormenorizadas das regras de construção, classificação das atividades e os passos que devem ser seguidos para obtenção das respectivas licenças.

3.3.4 Considerações sobre o tópico

Em resumo, nas cidades onde foram identificadas boas práticas, observou-se:

- Desenvolvimento de modelos locais com um conjunto de documentação, planos de ação, auto regulação e fiscalização.
- Uma ação articulada entre poder público e as partes interessadas (comunidade, construtores e outros).
- O órgão público municipal atuando como promotor e apoiador de sustentabilidade, divulgando boas práticas, certificando e aproximando construtores/proprietários e vizinhança (comunidade).
- Políticas de investimento em acesso à informação em bases de dados municipais através de sistema de informações geográficas, e de fácil acesso à comunidade.
- As legislações na maioria dos casos consideram as diferenças entre grandes, médias e pequenas construtoras como também sistemas de autoconstrução e autogestão.
- Políticas públicas que estimulam inovação e sustentabilidade.

3.4 Política Urbana no Brasil e os Impactos Locais dos Canteiros

No Brasil as políticas públicas contam com alguns marcos regulatórios e instrumentos para atender a ordenação e uso do solo urbano, destacando-se o Estatuto da Cidade, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, a Lei de Uso e Ocupação do Solo, o Código de Obras, o Estudo de Impacto de Vizinhança, as Licença de Construção e outras normas regulamentadoras.

A Política Urbana está prevista nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988, entretanto lhe faltava uma regulamentação. Apenas em 2001, com a Lei nº 10.257, denominada Estatuto da Cidade que foram estabelecidas as diretrizes gerais da política urbana nacional, na tentativa de delimitar as relações entre o direito absoluto da propriedade e o aspecto subjetivo da função social do solo urbano. Assim, o município deve implementar sua política de desenvolvimento urbano e dispositivos de controle, sendo o plano diretor, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, o principal instrumento.

A regulação e execução destas políticas urbanas compreende uma rede complexa de órgãos normativos e de fiscalização, secretarias municipais, e representação de setores de privados (imobiliário, da construção, do trabalhador da construção civil). Estes marcos regulatórios precisam atuar em um cenário envolvendo vetores de crescimento, especulação imobiliária, disponibilidade de solo, demanda habitacional e conflitos de vizinhança.

Para alcançar seus objetivos, o Estatuto da Cidade prevê um conjunto de instrumentos gerais e específicos para a Política Urbana. No aspecto geral os instrumentos estão relacionados em seus CAPÍTULO II no artigo 4º em cinco grupos:

- Planos nacionais, regionais e estaduais de ordenação do território.
- Planejamento das regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões;
- Planejamento municipal.
- Institutos tributários e financeiros
- Estudo de impacto ambiental (EIA) e estudo de impacto de vizinhança (EIV).

O Estudo de Impacto de Vizinhança é objeto de seção específica da referida lei (Seção XII), que estabelece diretrizes para a lei municipal atender entre outras coisas a definição de quais empreendimentos e atividade necessitarão de estudo prévio de impacto de vizinhança.

> *Art. 36. Lei municipal definirá os empreendimentos e atividades privados ou públicos em área urbana que dependerão de elaboração de estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV) para obter as licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento a cargo do Poder Público municipal.*

> *Art. 37. O EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo, das seguintes questões:*
> *I – adensamento populacional;*
> *II – equipamentos urbanos e comunitários;*
> *III – uso e ocupação do solo;*
> *IV – valorização imobiliária;*
> *V – geração de tráfego e demanda por transporte público;*
> *VI – ventilação e iluminação;*
> *VII – paisagem urbana e património natural e cultural.*
> *Parágrafo único. Dar-se-á publicidade aos documentos integrantes do EIV, que ficarão disponíveis para consulta, no órgão competente do Poder Público municipal, por qualquer interessado.*

Apesar dos objetivos, diretrizes e instrumentos estarem previstos no Estatuto da Cidade a sua regulamentação ainda traz uma série de lacunas e ambiguidades que dificultam sua implementação (LOLLO; RÖHM, 2009; NETO; DE LOLLO, 2010), principalmente em municípios que possuem uma menor estrutura institucional de regulação e fiscalização.

O processo de modernização da gestão urbana tem utilizado como referência a estrutura e instrumentos da gestão ambiental, sendo que estas duas dimensões parecem convergir para modelo integrados como a gestão ambiental urbana. O Quadro 5 permite compreender melhor como vem correndo este processo, a partir de um resumo comparativo entre os temas meio Ambiente e Ambiente Construído.

ASPECTO	MEIO AMBIENTE	AMBIENTE CONSTRUÍDO	OBSERVAÇÕES
Tema	Gestão Ambiental	Gestão Urbana	A gestão urbana ainda tem problemas: consolidação dos marcos legais, regulação e instrumentos; capacitação de pessoal; sistema de informações; desenvolvimento de pesquisa científica contextualizada; incorporação ao ensino e currículos.
Área de abrangência	Global, regional	Cidade, bairro, unidade urbana	Em geral os modelos são para controle de impactos da extração, transformação e produção, em menor escala para controle da demanda/consumo.
Marco principal	Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) LEI Nº 6.938, 31/08/1981	Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU) em formulação	A defasagem de consolidação também é presente nos marcos referenciais.
Modelo gestão pública	Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) LEI Nº 6.938, 31/08/1981	Sistema Nacional de Desenvolvimento Urbano (SNDU) em implantação	4 Eixos do SNDU: a) participação e controle social, b) instrumentos para integração intersetorial e territorial, c) políticas de incentivo à implantação de instrumentos de promoção da função social da propriedade, e d) Fundo Nacional de Desenvolvimento Urbano.
Ministério, órgãos colegiados e entidades vinculadas	Ministério do Meio Ambiente Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).	Ministério das Cidades. Conselho das Cidades. Conselho Curador de Desenv. Social.	O Ministério das Cidades foi criado em 2003, 15 anos depois da Constituição Federal e dois anos depois do Estatuto da Cidade. O Conselho das Cidades foi normatizado apenas em 2006 pelo Decreto Nº 5.790, 25/05/2006.
Competência	Federal, estadual	Regional, Municipal	A competência federal tem mais flexibilidade em alocar recursos (financeiros, técnicos e de pessoal) conforme a demanda dos estados. Os municípios enfrentam desafios em alocar estes recursos e em especial ter quadro pessoal capacitado.
Instrumentos	EIA/ RIMA	Estatuto da Cidade, PDDU, EIV/RIV.	Lei 10.257 de 10/07/2001 - Estatuto da Cidade. Lei 13.089 de 13/01/2015 - Estatuto da Metrópole.
Impactos, principais agentes geradores e modelo de produção	Tendências: geração concentrada (grandes geradores); média/baixa variabilidade Maior controle.	Tendências: geração difusa; complexo balanço de massa/energia; uso intenso de atividades que não agregam valor.	No caso dos impactos urbanos cabe destacar questões de intensidade e tempo de ocorrência. A construção tem alta variabilidade e ciclos de processo mais curtos, gerando transtornos temporários em geral restritos ao tempo de construção. A edificação tem sistemas mais definidos e gera transtornos mais permanentes no uso da infraestrutura, mobilidade e consumo (energia, água, etc.).

Quadro 5 - Interfaces entre Meio Ambiente e Ambiente Construído (org. Autor, 2016)

Na análise da evolução dos marcos regulatórios de gestão urbana como instrumento de controle dos impactos urbanos é importante fazer uma comparação com a evolução dos marcos regulatórios em gestão ambiental. A Figura 6 apresenta um resumo cronológico da evolução das políticas de gestão urbana no Brasil, desde a promulgação da Constituição Federal de 1988 que inclui um capítulo especial para a gestão urbana, entretanto a o marco regulatório só começou a ser efetivamente regulamentado mais de uma década depois, com a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada de Estatuto da Cidade.

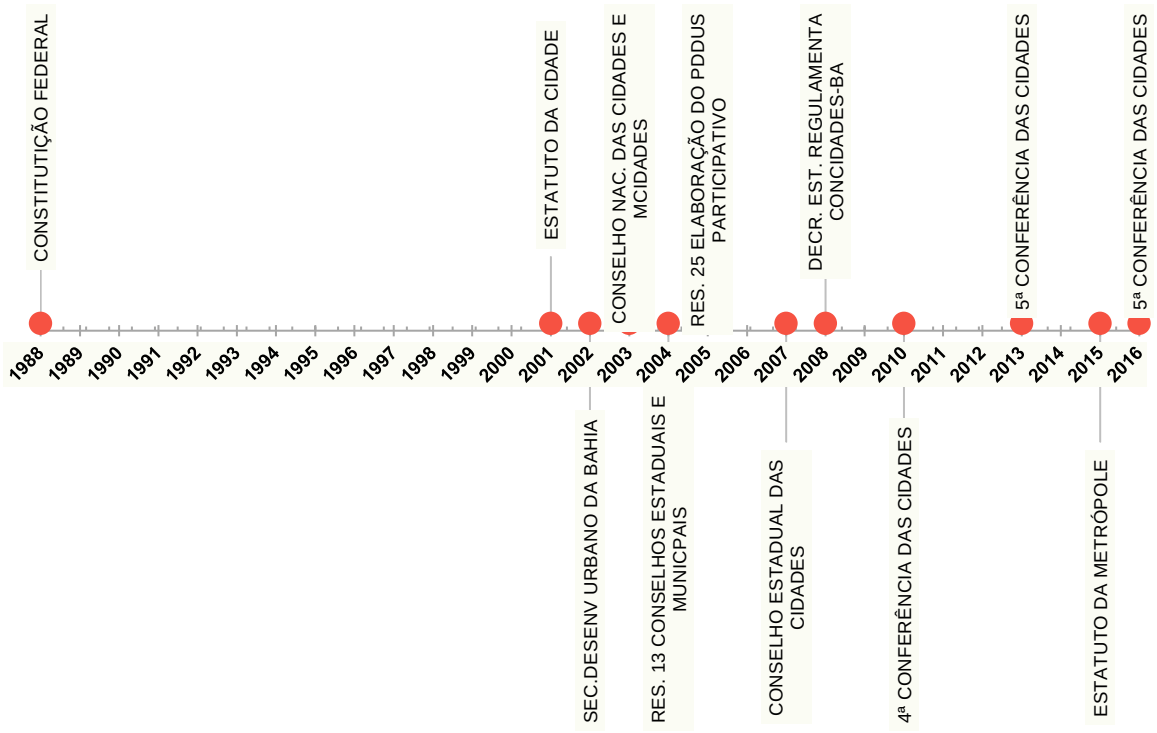


Figura 6 - Linha de tempo da evolução das políticas de Gestão Urbana no Brasil.

3.4.1 Impactos ambientais de canteiros de obras e seus marcos regulatórios

Outros marcos regulatórios têm aplicação direta sobre aspectos e impactos ambientais gerados por canteiros de obras. A seguir é apresentado um breve panorama sobre os principais aspectos ambientais nos canteiros de obras brasileiros e seus respectivos instrumentos de regulação e controle.

a) Consumo de recursos naturais e geração de resíduos de construção e demolição

A cadeia produtiva da construção brasileira é responsável por grande parte do consumo nacional de recursos naturais, com frações entre 20 a 50% do total (HOLANDA et al., 2016; PAZ; LAFAYETTE, 2016). Segundo dados do último Anuário Mineral Brasileiro em 2010, o setor foi o principal consumidor de produtos minerais brutos, tais como areia (68,96%), rochas britadas e cascalho (40.71%), rochas ornamentais (68.93%) (DNPM, 2010).

Adicionalmente, o setor da construção também é um grande gerador de resíduos de RCD impactando a paisagem urbana e sobrecarregando os serviços de coleta (MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017). Segundo dados da ABRELPE, no Brasil foram coletados 45 milhões de toneladas de RCD em 2016, equivalente a 63% do total de resíduos sólidos urbanos (ABRELPE, 2017), portanto estes números devem ser ainda maiores considerando

os RCDs descartados de forma irregular. Na União Europeia a taxa de RCD representa cerca de 30% da massa total de resíduos urbanos (BANIAS et al., 2010). O baixo controle municipal sobre o uso de materiais, geração de RCD e descarte irregular contribuem para a incerteza sobre a quantidade de RDC gerados (CONDEIXA; HADDAD; BOER, 2017).

No Brasil os principais instrumentos normativos aplicáveis aos RCD são o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2012, a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e a Instrução Normativa nº13/2012 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A Resolução CONAMA 307/2002 trata exclusivamente dos resíduos de construção e demolição, estabelecendo diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, bem como as responsabilidade dos gestores municipais e dos geradores (construtores) (BRASIL, 2002; SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009).

A Instrução Normativa IBAMA nº13/2012 tem um escopo amplo que abrange os diversos tipos de resíduos sólidos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), regulamentando a lista brasileira de resíduos sólidos para disciplinar o cadastro e controle das operadoras de resíduos sólidos e das atividades potencialmente poluidoras.

A IN nº. 13 tomou como base a Lista Europeia de Resíduos Sólidos adotando a mesma estrutura (capítulo, subcapítulo e tipo de resíduo) para a classificação e codificação dos resíduos e incluindo também aqueles listados na ABNT 10.00404. O capítulo 17 reúne os RCD (incluindo solos escavados e contaminados) em 8 subcapítulos (IBAMA, 2012).

Por outro lado, a Resolução 307 CONAMA definiu 4 classes de resíduos: resíduos reutilizáveis ou recicláveis (Classe A); resíduos recicláveis para outras destinações (Classe B); resíduos que ainda não possuem tecnologias economicamente viáveis para reciclagem ou recuperação (Classe C) e; resíduos perigosos tais como tintas, solventes e aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolição ou reformas de clínicas radiológicas ou contendo amianto (classe D) (BRASIL, 2002)

b) Emissões de gases e material particulado.

Os canteiros de obras no Brasil também contribuem significativamente para a poluição ambiental devidos à poeira e material particulado liberados pelas atividades de construção, além de compostos orgânicos voláteis (VOC) do uso de tintas e solventes (ARAÚJO; COSTA; MORAES, 2014; WONG; KRUGER, 2017). Segundo Costa et al (2016), essas emissões podem ser facilmente dispersas dependendo de fatores como condições meteorológica, leiaute do canteiro e distâncias entre as áreas de armazenamento e os locais

das atividades (MORAES; COSTA; ARAÚJO, 2016). Entre as fonte geradoras de poluição estão as várias atividades de construção e suas máquinas e veículos (VAZQUEZ et al., 2013).

A Resolução CONAMA nº 3 definiu os padrões de qualidade do ar e os poluentes atmosféricos passiveis de monitoramento e controle. Entretanto, segundo Araújo et al (2014), a resolução não estabeleceu padrões para os níveis de emissões segundo suas fontes geradoras e as diferentes fases da construção para orientar as ações visando reduzir seus impactos.

c) Ruídos e vibrações

Segundo Zannin e Sant'ana (2011), o crescimento acelerado das cidades brasileiras vem aumentando a emissão de ruído e vibração devido às atividades urbanas (e.g. tráfego de veículos, vizinhos, construção civil, tempos religiosos, casas noturnas, etc.) (ZANNIN; SANT'ANA, 2011). A intensidade e tempo de exposição aos ruídos e vibrações podem gerar danos à saúde das pessoas e à qualidade de vida urbana. Nos canteiros de obras, as principais atividades geradoras envolvem demolição, movimentação de terra, fundações profundas e uso intenso de máquinas e veículos (KANTOVÁ, 2017; OLVEIRA; KIPERSTOK; CÉSAR, 2016). Entretanto, de acordo com Kantová (2017), a complexidade do setor da construção e o grande número de processos dificultam a identificação do grau de participação das diferentes atividades construtivas na geração do ruído e vibração.

A Resolução CONAMA nº.1 de 1990 definiu os limites aceitáveis da NBR 10151 (ABNT, 2000) como padrões nacionais para medição e controle das emissões de ruídos das atividades urbanas. A versão mais recente da NBR 10151 (ABNT, 2000) apresenta o método de medição e avaliação do ruído, estabelecendo níveis de ruídos em dB(A) segundo os diferentes tipos de áreas e ocupação (rural, urbana residencial, mista, hospitais, escolas, industrial) e horários (diurno e noturno). Neste sentido, algumas metrópoles brasileiras, como São Paulo e Curitiba, têm implementado ações para identificar e controlar os ruídos no centro urbano buscando reduzir seus impactos através de campanhas antirruídos, medição, mapeamento e leis de zoneamento (ANDRADE et al., 2014; CARDOSO, 2016).

d) Segurança e Riscos de Acidentes nos canteiros de obras e no seu entorno

Segundo dados da Organização Internacional do Trabalho, a indústria da construção é um dos setores mais perigosos para o trabalhador, com aproximadamente 60 mil óbitos por ano, equivalente a 17% do total de óbitos decorrentes de acidentes de trabalho no mundo (LÓPEZ-VALCÁRCEL; LIMA JÚNIOR; DIAS, 2005). Além dos riscos para a integridade e saúde dos trabalhadores, estas ocorrências também implicam em custos econômicos e sociais significativos (SILVA et al., 2017). No Brasil, o Ministério da Previdência Social

registrou mais 502 mil acidentes do trabalho em 2015 dos quais 8,2% (42 mil acidentes) no setor de construção (construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados). Somente no segmento de construção de edifícios, foram 16.570 acidentes com 132 óbitos, o equivalente a 40% dos acidentes totais do setor (BRASIL GOV, 2015).

O principal marco regulatório da gestão da segurança nos canteiros de obras brasileiros é a Norma Regulamentadora nº 18 (NR 18), através do seu Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho (PENALOZA; SAURIN; FORMOSO, 2017). A legislação existente e a estrutura de fiscalização ainda parecem insuficientes para reduzir o número de acidentes de trabalho no setor. A baixa eficiência do sistema de segurança pode estar relacionada a uma maior ênfase em atender aos aspectos legais e documental, ao invés de propriamente ao monitoramento e avaliação dos riscos (ENGLER et al., 2013).

e) Uso do solo

No Brasil, o sistema regulatório de ordenação e uso do solo urbano é compartilhado pelas esferas federais e municipais, onde os municípios são responsáveis pela execução da política urbana (LOLLO; RÖHM, 2009). Entre os principais instrumentos para execução da política urbana estão o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, a Lei de Uso e Ocupação do Solo, o Código de Obras e a Licença de Construção.

Nos últimos anos, novos instrumentos legais de abrangência nacional reforçaram o papel da gestão municipal, a exemplo da Lei 10.257/2001 (Estatuto de Cidade), Estudo de Impacto de Vizinhança; Lei 12.305/2010 (Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS) e Resoluções CONAMA n° 307/2002 e 348/2004. No entanto, a gestão urbana ainda enfrenta problemas na implementação do controle dos impactos dos locais de construção, como a falta de marcos legais e de instrumentos de controle, a baixa capacitação de pessoal e a falta de sistemas de informação.(LOLLO; RÖHM, 2009).

4 GESTÃO DA CONSTRUÇÃO E OS IMPACTOS DE CANTEIROS

4.1 Impactos do Processo de Construção

A indústria da construção civil é fortemente influenciada pela dinâmica urbana, e no atual cenário de crescimento das taxas de urbanização e expansão das cidades, especialmente das cidades médias, precisa estar preparada para atender novas demandas e oportunidades. O setor desempenha papel fundamental na produção da riqueza, melhoria da infraestrutura e geração e empregos dos países e tem presença constante nos debates sobre desenvolvimento sustentável e suas dimensões econômicas, sociais e ambientais (SEV, 2009).

Entretanto, o setor é constantemente associado aos problemas ambientais e sociais relacionados aos aspectos de consumo e produção. Entre os problemas ambientais, destacam-se aqueles relacionados com a exploração e extração de recursos naturais, a produção de insumos e os resíduos do processo de construção. Na dimensão social, destacam-se os altos índices de acidentes de trabalho e os incômodos no entorno de seus canteiros de obras, os denominados impactos de vizinhança, reduzindo a qualidade urbana.

Na dimensão econômica, considerando apenas o cenário nacional, o PIB da indústria da construção civil no Brasil alcançou 337,9 bilhões, equivalente a 7% do PIB nacional em 2015, ocupando 2,9 milhões de pessoas em 131 mil empresas ativas (IBGE, 2015a). O subsetor de edificações residenciais respondeu 78 bilhões (28,9%) do PIB da indústria da construção, atrás apenas do subsetor de obras de infraestrutura com 39,5% (IBGE, 2015a).

Na dimensão social, um dos problemas é a necessidade de ampliar a oferta e reduzir o déficit habitacional, que em 2012 era de 5,9 milhões de domicílios, a maioria nas regiões sudeste e nordeste do país (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2014).

Na dimensão ambiental, um dos grandes problemas dos canteiros brasileiros está relacionado à geração dos resíduos de construção e demolição, os quais respondem, em média, por 50% dos resíduos sólidos urbanos, impactando na paisagem urbana e nos custos dos serviços de coleta municipal (KARPINSK et al., 2009; PINTO, 1999), envolvendo o acondicionamento dos materiais de construção, questões tecnológicas, gestão dos canteiros e a falta de fiscalização do poder públicos (AZEVEDO; KIPERSTOK; MORAES, 2006).

Um dos desafios é conciliar as questões de uso do solo e o processo de construção, mediando os conflitos entre os conceitos de propriedade e a função social do lote urbano. A promoção do desenvolvimento sustentável nas cidades exige melhorar indicadores de

qualidade urbana e minimizar conflitos entre as partes interessadas no processo de construção (DING, 2008; HAAPIO, 2012; HE et al., 2011; SHARIFI; MURAYAMA, 2013).

4.2 Fatores e agentes relacionados aos impactos dos canteiros

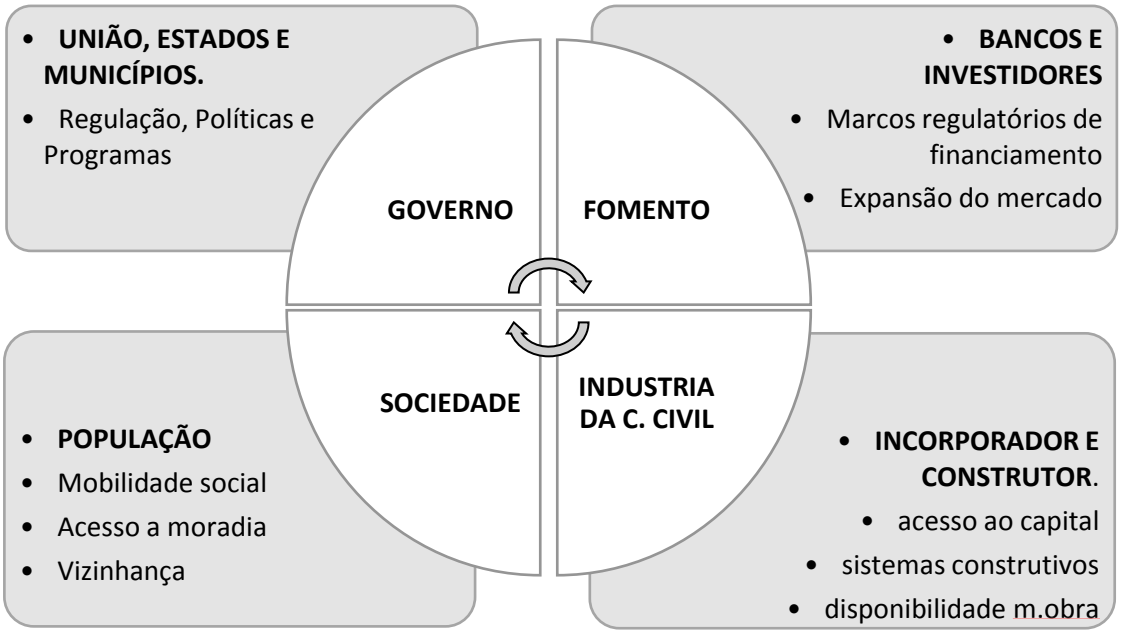
O Quadro 6 apresenta algumas questões relacionadas à transformação da malha urbana das cidades em consequência deste processo de urbanização e expansão.

QUESTÃO DA "MODERNIDADE"	• Associação com a modernidade e novas formas de morar. • Expansão da classe média e acesso aos serviços da cidade..
TÉCNICA, ESPAÇO E VERTICALIZAÇÃO	• Novos sistemas e tecnologias da construção. • Produção do espaço urbano e a acumulação/reprodução do capital.
LEGISLAÇÃO URBANA	• Necessidade do Poder Público disciplinar o processo (leis e instrumentos) e melhorar a estrutura institucional. • Zoneamento, gabaritos, taxas e índices urbanísticos.
MERCADO IMOBILIÁRIO	• Forte demanda por novas unidades. • Agente indutor da modificação da estrutura interna da cidade. • Descaracterização de bairros residenciais horizontais.
IMPACTOS	• Impactos nas dimensões econômicas, sociais e ambientais. • Impactos sobre a qualidade de vida urbana.

Quadro 6 – Questões relacionadas ao crescimento das cidades (org. Autor, 2016)

Parte do problema reside no distanciamento entre o modelo urbano de uso do solo e a sustentabilidade, implicando em uma série de problemas ambientais, sociais e econômicos, verificados nos conflitos das partes interessadas, em particular na vizinhança das construções (HAAPIO, 2012). Alguns dos impactos são mais diretos e pontuais, como aqueles relacionados a geração de ruído, poeira e obstruções de calçadas, enquanto outros são mais complexos como a descaracterização de bairros, distribuição de serviços públicos e redução da qualidade urbana (DE LOLLO, 2007; ZANNIN et al, 2003).

O estudo dos impactos dos canteiros também envolve uma complexa rede de atores sociais (Quadro 7) na regulação, ocupação e modificação do espaço urbano, com diferentes interesses, responsabilidades e atuações.



Quadro 7 - Atores Sociais e Espaço Urbano

Lollo e Rohm (2005) destacam que, para evitar negligenciar os impactos dos canteiros são necessários cuidados especiais na identificação dos componentes impactados pelo processo de construção e na classificação qualitativamente destes impactos. Os autores agrupam os componentes em quatro dimensões: ambiente físico; ambiente urbana; infraestrutura urbana; e saneamento (Quadro 8) (LOLLO; RÖHM, 2005).

DIMENSÃO	COMPONENTE
Ambiente físico	Ar, solo, rochas, relevo, mananciais superficiais e subterrâneos, paisagem natural, vegetação e ocupação do solo.
Ambiente urbano	Densidade populacional, densidade urbana, valorização imobiliária, ventilação, iluminação, paisagem urbana, patrimônio cultural e qualidade urbana.
Infraestrutura urbana	Tráfego, transporte coletivo, abastecimento de água e coleta de esgoto, drenagem de águas pluviais, fornecimento de energia elétrica, telefonia, iluminação pública.
Saneamento	Ruído e resíduos sólidos, líquidos e industriais.

Quadro 8 - Componentes segundo as dimensões - adaptado de Lollo e Rohm (2005).

Outros autores como Cardoso e Araújo (2007) e Gangolells et al (2009) em vez de componentes preferem o termo aspectos ambientais. O termo "aspectos ambientais" é usualmente adotado em normas internacionais como o *Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS) ou da série ISO 14000, bem como na literatura científica. Assim, no presente estudo foi adotado o termo "aspectos ambientais" como definido no EMAS e na série ISO.

A classificação dos impactos em geral é feita de forma qualitativa, entretanto os atributos e escala escolhidos diferem entre os autores.

Lollo e Rohm (2005) usam quatro atributos para classificar os tipos de impactos: a) quanto a natureza (efeitos): positivo (impacto benéfico) ou negativo (impacto maléfico); b) quanto à ordem (relação entre o impacto e as atividades do canteiro): direto ou indireto; c) quanto à magnitude (intensidade de alteração do componente ambiental): baixa, média ou alta; d) quanto à duração (prazo e disponibilidade de tecnologia de controle): permanente ou temporário.

Por sua vez, Gangolells et al (2009) em sua metodologia baseada no EMAS (EUROPEAN COMMISSION, 2013a) incorporaram os critérios estabelecidos pela ISO 14004 para classificar e avaliar a significância dos aspectos ambientais (tipo, tamanho e frequência) e dos seus possíveis impactos ambientais (escala, severidade e duração).

4.3 Panorama das Ferramentas de Avaliação da Construção

A seção anterior destacou a importância de identificar e classificar os impactos gerados pelo processo de construção, entretanto verificou que ainda não há consenso sobre as métricas adotadas para esta classificação.

Assim, neste tópico é apresentada uma revisão da literatura sobre ferramentas de avaliação da sustentabilidade das edificações para responder uma das questões do desenho conceitual da pesquisa (Quadro 1) e assim auxiliar o desenvolvimento do método de previsão de aspectos ambientais. A questão e o objetivo abordados estão declarados abaixo:

Questão 3: Quais critérios a observar no desenvolvimento de ferramentas para avaliação dos aspectos ambientais gerados por canteiros de obras?

Objetivo específico 3: Identificar princípios e critérios que devem orientar a elaboração do método de previsão dos aspectos ambientais.

4.3.1 Considerações preliminares

As cidades ao redor do mundo passam por uma série de desafios para promover o desenvolvimento sustentável, reverter indicadores da qualidade urbana e minimizar conflitos entre as partes interessadas (DING, 2008; HAAPIO, 2012; HE et al., 2011; SHARIFI; MURAYAMA, 2014a). Um deste desafios é como incorporar as bases para edificações e

comunidades mais sustentáveis (HAAPIO, 2012), considerando a diversidade e complexidade das dinâmicas urbanas. Este processo acontece de formas diferentes entre regiões e países. Na Europa, por exemplo, as cidades em geral possuem uma malha urbana mais consolidada e regulação do uso do solo amadurecida deixando um pouco menos conflituosa esta transição (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008). Entretanto, países emergentes, como Brasil têm dificuldades em conciliar uma forte expansão da malha urbana com marcos regulatórios ainda não desenvolvidos, sendo comum equacionar o crescimento da demanda e redução dos estoques de terrenos através da demolição de prédios de menor porte existentes e sua substituição por edifícios altos, gerando uma tendência de verticalização dos centros urbanos (LOLLO; RÖHM, 2009; ZANNIN et al., 2003).

Este distanciamento entre modelo urbano e sustentabilidade implica em uma série de problemas ambientais, sociais e econômicos, verificados nos conflitos das partes interessadas e vizinhança das construções (BORJA et al., 2018; HAAPIO, 2012), com aspectos como geração de ruído e poeira, obstruções de calçadas e a descaracterização de bairros (OLVEIRA; KIPERSTOK; CÉSAR, 2016). Estudos apontam que o descompasso é diferente entre países e influenciado pelo arcabouço técnico/legal que o regula, podendo ser minimizado pela ação pública, gestão da construção e grau de participação das partes interessadas (AZHAR et al., 2011; BASSI et al., 2012; SHARIFI; MURAYAMA, 2013).

Uma das etapas iniciais nesta busca é analisar as atuais ferramentas de avaliação das edificações, suas estruturas, critérios e metodologia, observando o contexto, abrangência, escala e aplicabilidade, e como todos estes fatores influenciam na eficiência da tomada de decisão com foco no desenvolvimento sustentável (AWADH, 2017; HAAPIO, 2012; SHARIFI; MURAYAMA, 2014a). O estudo das ferramentas de avaliação ambiental pode trazer importantes contribuições para seu aperfeiçoamento e sua aplicação no planejamento do espaço urbano na busca de comunidade sustentáveis.

Identificar e classificar adequadamente os impactos podem trazer melhorias significativas para as ferramentas de controle, entre as quais:

- orientar as políticas públicas e estabelecer as medidas de controle e mitigação.
- estabelecer as competências de controle e o grau de responsabilidade dos agentes públicos e privados envolvidos, minimizando os conflitos de competência.
- direcionar políticas públicas e os investimentos do setor privado na melhoria do processo de construção urbana, inclusive com a adoção de programas de incentivo para promover construções de baixo impacto.

Diante deste contexto, realizou-se uma revisão do estado da arte sobre algumas ferramentas de avaliação ambiental e de sustentabilidade nas construções através de uma análise bibliométrica combinada como revisão sistemática. O objetivo principal foi identificar quais os princípios e critérios devem ser observados no desenvolvimento de novas ferramentas para avaliação dos aspectos ambientais gerados nos canteiros de obras.

4.3.2 Panorama das ferramentas de avaliação ambiental e da sustentabilidade

A ferramentas de avaliação ambiental surgiram em 1970, para tentar resolver problemas gerados pela concentração urbana após a Revolução Industrial. Entre as primeiras ferramentas, destaca-se a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) em 1970, com forte ênfase na avaliação de setores industriais e depois adaptada para problemas urbanos (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008).

Nas décadas seguintes, na tentativa de avaliar de forma mais abrangente os problemas urbanos, surgiram novas ferramentas como a BREEAM (Reino Unido) e LEED (USA) em 1990, e a CASBEE (Japão) em 2004, direcionadas a prédios novos e existentes (GOU; XIE, 2017). Nos anos seguintes, o tema também passou a ser abordado por grupos de pesquisas e organizações, em fóruns internacionais, sendo fundamentais para o aperfeiçoamento dos modelos e no desenvolvimento de novas ferramentas (SHARIFI; MURAYAMA, 2013). Segundo HAAPIO et al. (2008), destaca-se neste processo organizações como a *International Organization for Standardization* (ISO) e a *European Committee for Standardization* (CEN) e projetos como o "*Building Environmental Quality for Sustainability through Time*" (BEQUEST), CRISP "*A European Thematic Network on Construction and City Related Sustainability Indicators*", IEA Annex 31 "*Energy related Environmental Impact of Buildings*", e PRESCO "*European Thematic Network on Practical Recommendations for Sustainable Construction*" (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008).

No final do século XX, observou-se que além da avaliação ambiental na escala urbana e das unidades isoladas, também era necessário incorporar a escala bairro. As cidades europeias e americanas, no início do século XXI, passaram a adotar modelos na escala bairro, como a certificação *Neighborhood Development* - LEED-ND, as últimas versões da BREEAM e a *Neighborhood Sustainability Assessment* (NSA) que avaliam o desempenho de um bairro de sustentabilidade em relação a um conjunto de critérios e temas, verificando o desempenho do projeto (SHARIFI; MURAYAMA, 2013).

Apesar das ferramentas terem sido originalmente concebidas para uso nacional, algumas são utilizadas em nível mundial, como a BREES (USA), TEAMTM (França), ATHENATM (Canadá), BEAT (Dinamarca), Envest 2 (UK), BREEAM (UK) e LEED (USA) (HAAPIO, 2008). A literatura científica apresenta diversos estudos teóricos e práticos da avaliação das ferramentas de forma individual ou comparativa. Matheus e Bragança (2011) identificaram oportunidades de melhorias da SBTool no contexto de Portugal comparando a ferramenta com a BREEAM e LEED-ND (MATEUS; BRAGANÇA, 2011). BASSI et al (2011) verificaram a necessidade de uma maior participação pública e das partes interessadas na escolha das alternativas (BASSI et al., 2012). Grunberg et al (2014) compararam os múltiplos critérios adotados entre a certificação LEED e os sistemas brasileiros AQUA e Selo Azul no Brasil (GRÜNBERG; MEDEIROS; TAVARES, 2014).

Esta ampliação do uso das ferramentas de avaliação em países com realidades distintas reforça a necessidade de estudar o escopo, abrangência e as estruturas destes instrumentos (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008; SHARIFI; MURAYAMA, 2014a). Tal estudo exige ações como a categorização das ferramentas, revendo e ampliando classificações existentes.

4.3.3 Metodologia do capítulo

O estudo implementou uma abordagem descritiva, combinando uma análise bibliométrica seguida de uma revisão sistemática da literatura científica sobre o tema "ferramentas de avaliação de sustentabilidade". A abordagem combinada buscou aproveitar mecanismos de buscas disponíveis em sistemas da informação de publicações cientificas para caracterizar o conhecimento relacionado ao estado da arte em ferramentas de avaliação ambiental, particularmente quais os principais conceitos, tipos de ferramentas e sua adequação ao contexto local. Aplicações da análise bibliométrica combinada com a revisão sistemática na caracterização do conhecimento sobre determinado tema e identificação de lacunas e oportunidades para pesquisa futuras podem ser observadas em várias pesquisas recentes (ALMEIDA; PICCHI, 2018; MIRANDA, 2018; TOMOMITSU et al., 2017).

A coleta dos dados bibliométricos das publicações utilizou os periódicos relacionados no Portal de Periódicos da Capes através do mecanismo da própria base. Como critério de seleção inicial, as publicações foram limitadas aquelas publicadas por periódicos com avaliação A1 e A2 para Engenharias III (WEBQualis) e com impacto relevante no *Journal Citation Reports* (JCR) da *Web of Science*, com destaque para: *Environmental Impact Assessment Review*, *Building and Environment* e *Energy and Buildings*.

A busca e seleção das publicações ocorreram em duas etapas, como descrita na Figura 7. A Etapa 1 compreendeu a análise bibliométrica para identificação dos artigos sobre o tema contidos na base da Ei Compendex e seus principais indicadores, tendo como resultado uma seleção de 7 artigos para a segunda etapa. Os critérios de busca para a coleção geral foram refinados para seleção dos artigos-chave para revisão (NAKANO et al., 2018). Inicialmente optou-se por uma combinação do termo "*environmental assessment*" com "*construction*" ou "*building*", permitindo a coleta geral das publicações. Na seleção dos artigos-chave foi incorporado o termo "tools" para limitar os achados às ferramentas de avaliação ambiental, ficando "*environmental assessment tools*" como termo de busca. A Etapa 2 executou uma revisão sistemática dos artigos selecionados através da análise dos seus conteúdos.

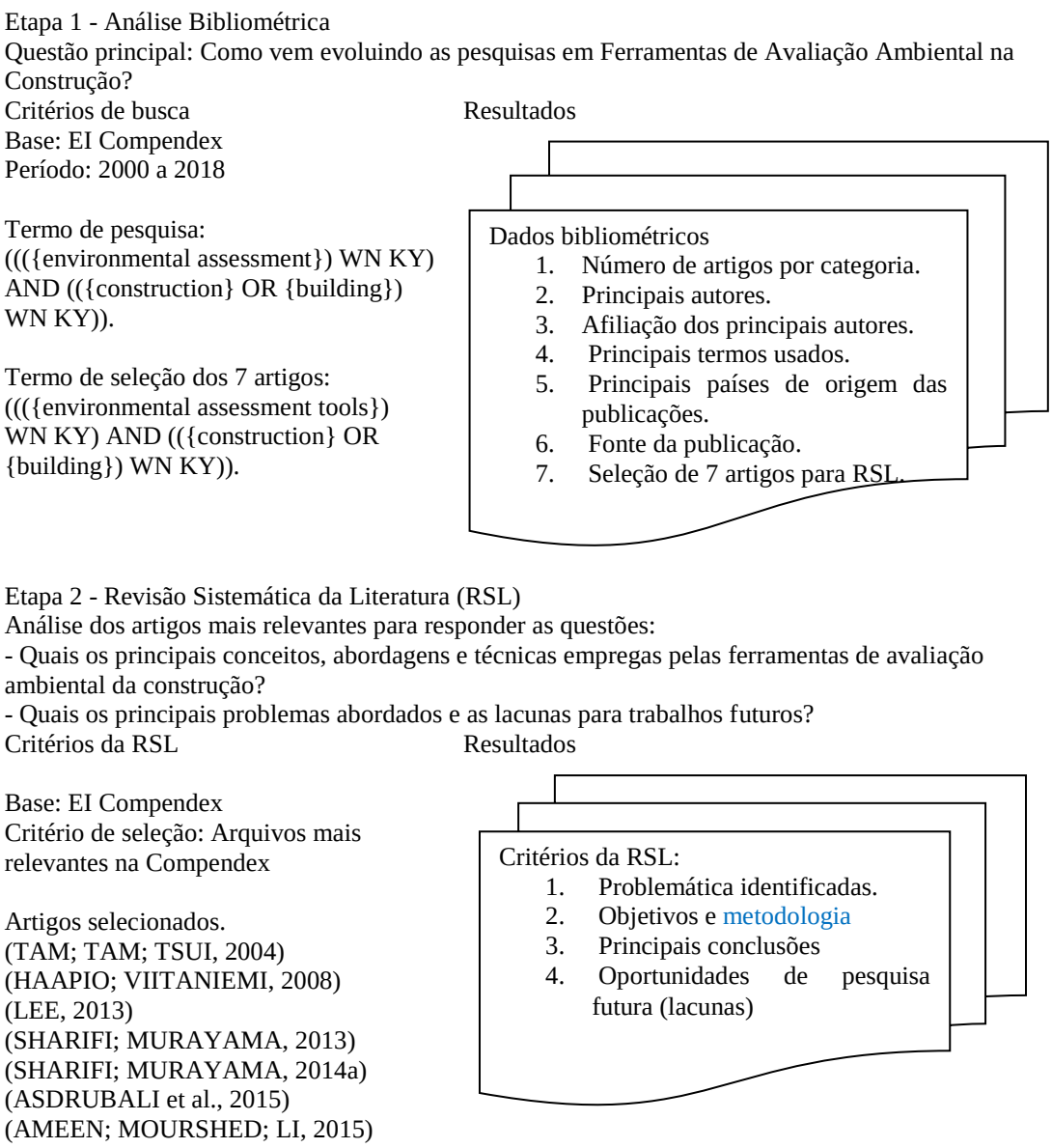


Figura 7 - Quadro de avaliação adaptado de Nakano et al (2018)

4.3.4 Resultados e Discussão

4.3.4.1 Etapa 1 - Análise bibliométrica

O levantamento usando o mecanismo de busca da base da Ei Compendex identificou 858 registros que tratam das ferramentas de avaliação da sustentabilidade na construção, compreendendo artigos de periódicos (453), artigos de conferência (348), procedimentos de conferências (29), capítulos em livros (15), artigos em impressão (9), livros (2) e dissertações (2). A Figura 8 apresenta a participação de cada tipo de publicação.

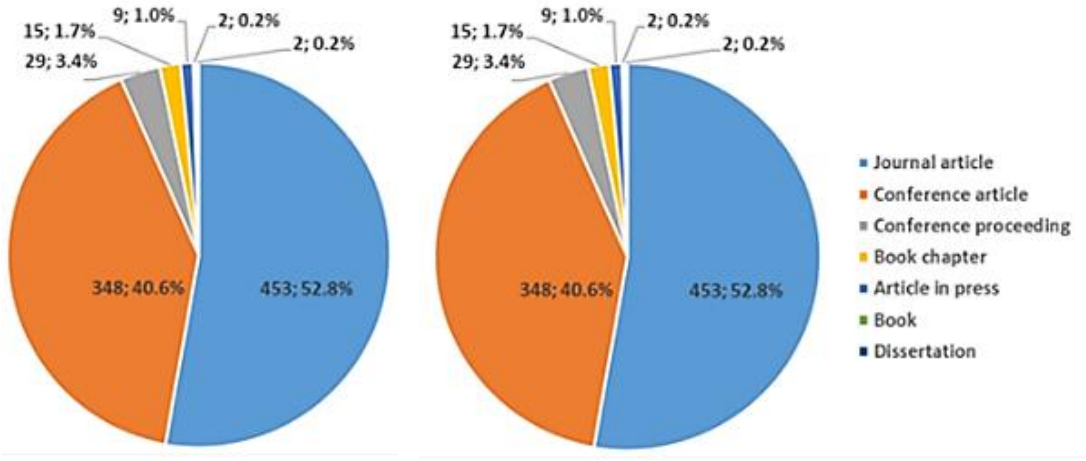
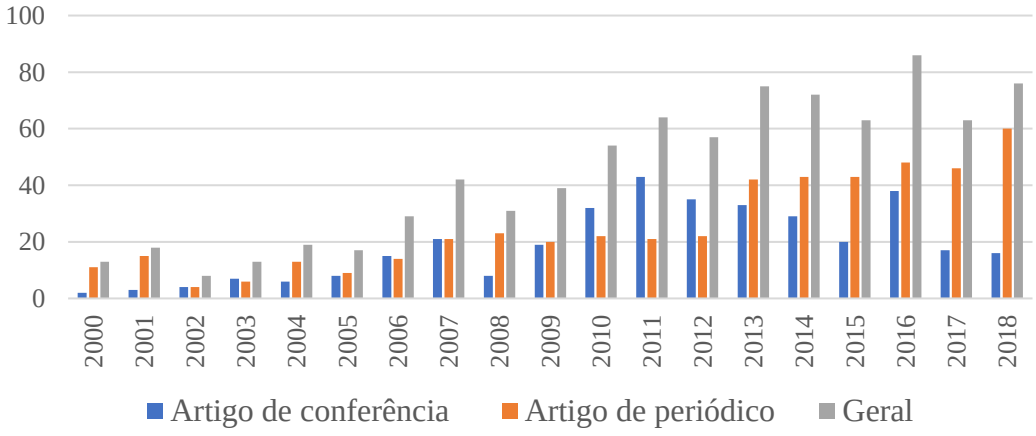


Figura 8 – Distribuição dos registros por tipo de publicação

A Figura 9 apresenta a evolução do número de publicações por ano para artigos de periódicos, artigos de conferências e a soma dos dois. O número de publicações começa a crescer mais significativamente a partir de 2006 e atinge seus valores máximos em 2016.



Nota: Os valores de 2018 foram anualizados, considerando que o levantamento em julho de 2018.

Figura 9 – Número de publicações por ano, entre 2000 e 2018

A Figura 10 destaca as 10 palavras-chave mais citadas para o período na base selecionada, destacando-se termos como impacto ambiental, desenvolvimento sustentável, ciclo de vida, avaliação do impacto ambiental, edificações e gestão ambiental, entre outros.

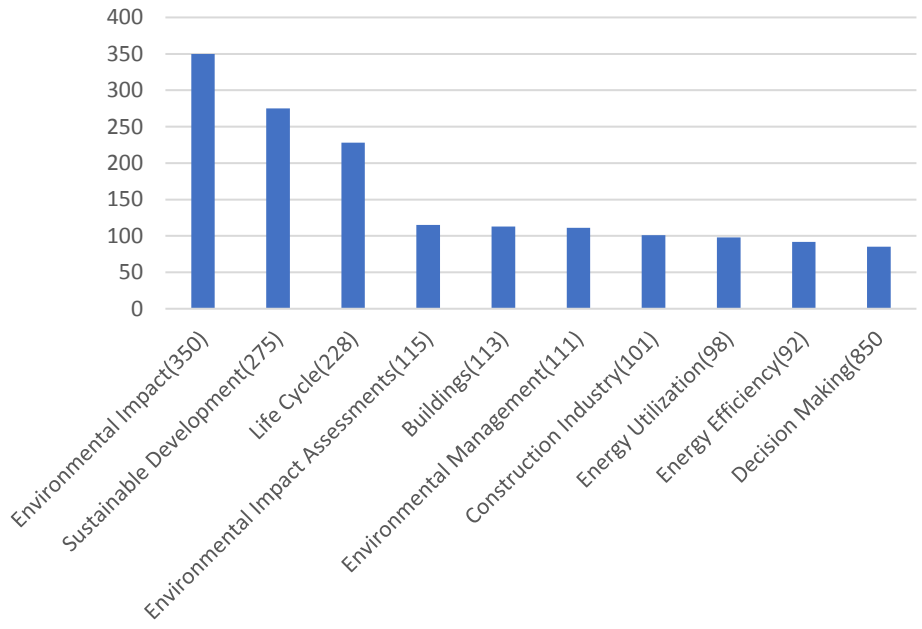


Figura 10 - 10 principais palavras-chaves da busca

Os Estados Unidos, China e Reino Unido são os países de origem da maioria das publicações, seguidos por Canadá, Espanha, Itália e Eslováquia (Figura 11). O Brasil aparece na 18ª, posição com 15 publicações. A Figura 11 mostra os 20 principais países por número de publicações.

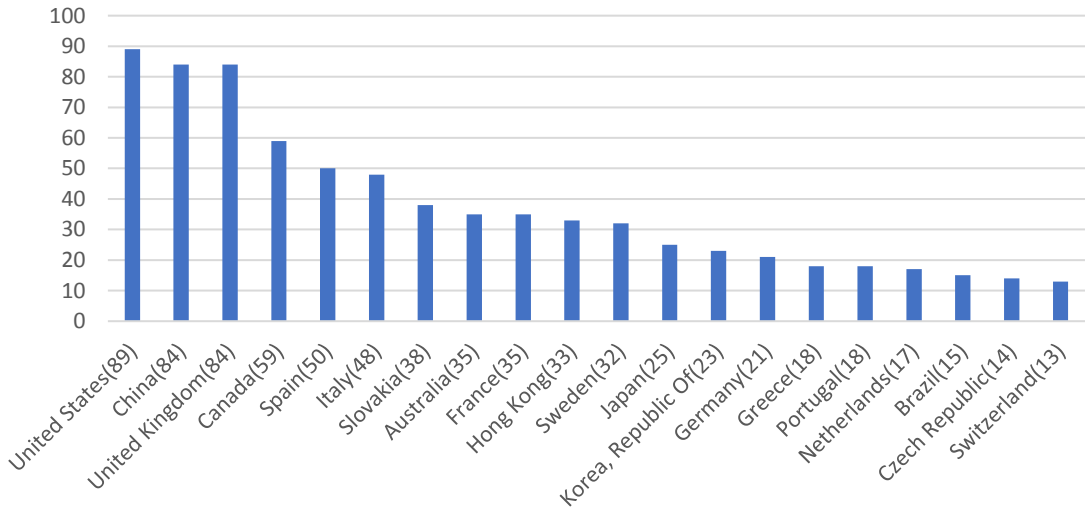


Figura 11 - 20 principais países por número de publicações

A Figura 12 destaca os 20 autores com maior número de registros para o período na base selecionada.

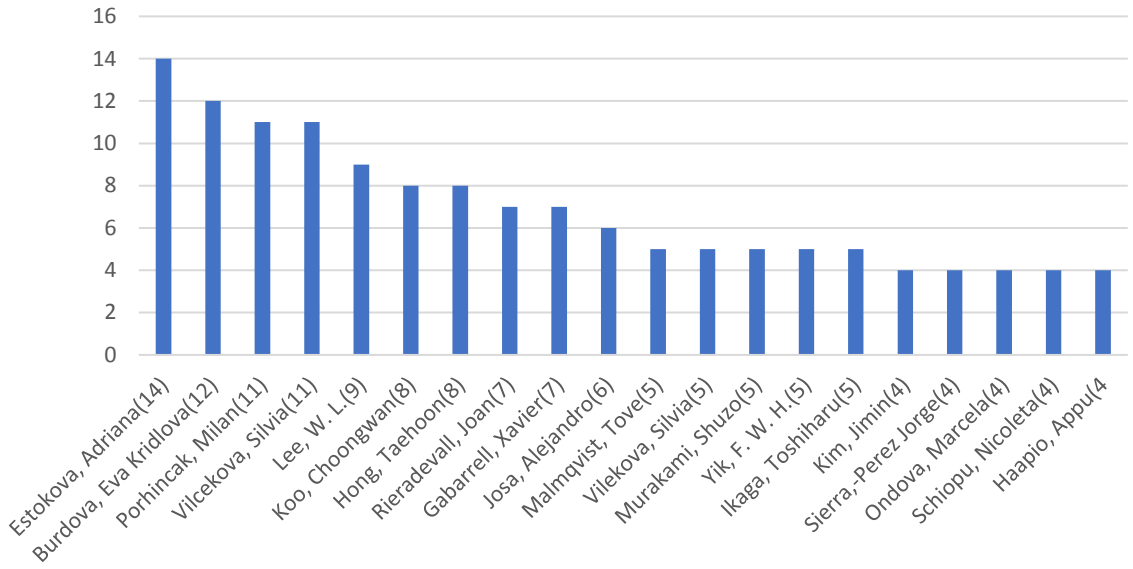


Figura 12 - 20 principais autores por número de publicações

Restringindo os resultados aos 453 artigos científicos, observa-se que estes foram publicados em diversos periódicos, entretanto apenas 21 destes periódicos publicaram 5 ou mais artigos. Os 16 periódicos que mais publicaram concentram 1/3 das publicações (Figura 13).

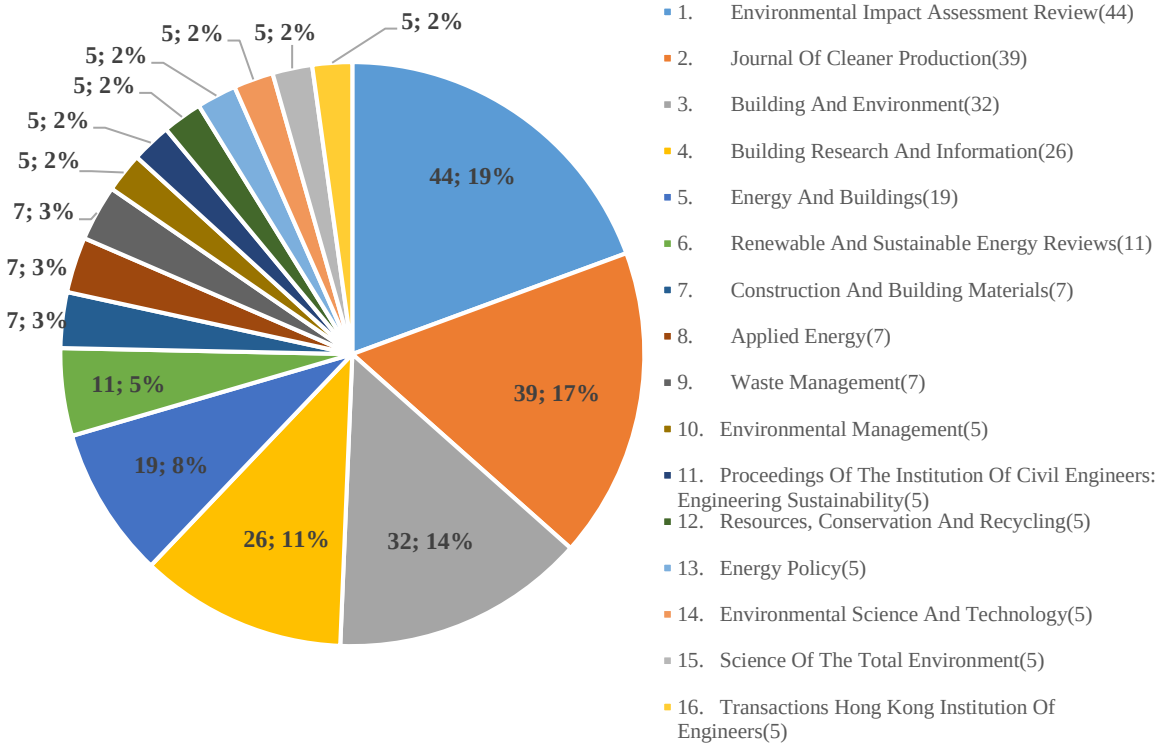


Figura 13 - 16 principais periódicos evidenciados na busca

4.3.4.1 Etapa 2 - Revisão sistemática de literatura (RSL)

A coleção de 453 artigos de periódicos for refinada como descrito na seção Metodologia do Capítulo, "*environmental assessment tools*", resultando em 11 artigos, dos quais foram selecionados 7 por relevância e disponibilidade de acesso (Quadro 9)

Referência	Título	Periódico
(TAM; TAM; TSUI, 2004)	Green construction assessment for environmental management in the construction industry of Hong Kong	International Journal of Project Management
(HAAPIO; VIITANIEMI, 2008)	A critical review of building environmental assessment tools.	Environmental Impact Assessment Review
(LEE, 2013)	A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes.	Energy and Buildings
(SHARIFI; MURAYAMA, 2013)	A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools.	Environmental Impact Assessment Review
(SHARIFI; MURAYAMA, 2014a)	Neighborhood sustainability assessment in action: Cross-evaluation of three assessment systems and their cases from the US, the UK, and Japan.	Building and Environment
(ASDRUBALI et al., 2015)	A comparison between environmental sustainability rating systems LEED and ITACA for residential buildings	Building and Environment
(AMEEN; MOURSHED; LI, 2015)	A critical review of environmental assessment tools for sustainable urban design	Environmental Impact Assessment Review

Quadro 9 – Lista de artigos selecionados para a revisão sistemática.

Uma análise preliminar deste 7 artigos identificou um conjunto de ferramentas de avaliação ambiental mais frequentes entre as citadas (Quadro 10), com destaque para a BREEAM e LEED seguidas pela CASBEE e Green Star.

	BREEAM	LEED	CASBEE	Green Star	GBTOOL	ATHENA	HK-BEAM	BEES	HQE	ESGB
(TAM; TAM; TSUI, 2004)	X	X					X			
(HAAPIO; VIITANIEMI, 2008)	X	X		X		X		X	X	
(LEE, 2013)	X	X	X				X			X
(SHARIFI; MURAYAMA, 2013)	X	X	X	X					X	
(SHARIFI; MURAYAMA, 2014a)	X	X	X	X						
(ASDRUBALI et al., 2015)	X	X	X	X	X	X		X		
(AMEEN; MOURSHED; LI, 2015)	X	X	X	X	X					

Nota: Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM); Leadership in Energy and Design (LEED); Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE); Green Star Communities (Green Star); Green Building Tool (GBtoll); Hong Kong Building Environmental Assessment Method (HK-BEAM); Building for Environmental and Economic Sustainability (BEES); High Quality Environment (HQE); Evaluation Standard for Green Building.

Quadro 10 – Lista de ferramentas de avaliação ambiental citadas nos artigos.

a) Questões e lacunas abordadas

O Quadro 11 apresenta os principais temas relacionados à questões e lacunas citadas pelos artigos-chave selecionados sobre ferramentas de avaliação ambiental e como seus conceitos, escopo, práticas e abrangência foram evoluindo com a experiência e o contexto.

Referência	Destaques da contextualização, problemática e lacunas abordadas
(TAM; TAM; TSUI, 2004)	Falta de informações consistentes sobre o desempenho ambiental da construção devido a complexidade do gerenciamento e da estrutura operacional do setor. Apesar das várias ferramantas disponíveis, a maioria não é adequada para avaliar as atividades na fase de construção. Necessidade de um instrumento de avaliação de desempenho adequado às demandas dos gestores da construção.
(HAAPIO; VIITANIEMI, 2008)	Necessidade de categorizar e organizar as ferramentas por grupos. 1. Analisar conteúdo e estrutura de forma contextualizada requer a categorização para comparação. 2.Necessidade de pesquisar os usuários destas ferramentas.
(LEE, 2013)	Adesão voluntária, a partir de 1990, aos sistemas de avaliação do edifício que promovem redução de impactos. Avaliação com um conjunto de critérios quantitativos e qualitativos de desempenho e com certificação e bônus conforme o desempenho. Nas últimas décadas, comparação dos sistemas para avaliar os critérios e suas ponderações. Questões controversas sobre a fase de avaliação e o ciclo de vida.
(SHARIFI; MURAYAMA, 2013)	Avaliações são focadas na escala urbana/regional e prédios apesar das cidades organizadas em bairros. Última década, surgem ferramentas de avaliação da sustentabilidade na escala de bairro (última geração). Escassa pesquisa sobre o desempenho e efetividade da Neighborhood Sustainability Assessment (NSA).
(SHARIFI; MURAYAMA, 2014a)	Avanços nas últimas 4 décadas dos estudos das ferramentas, inicialmente na escala urbana e regional, e que após Rio 92 ampliou o foco, incluindo a escala do edifício e só no início do séc. XXI a escala bairro (NSA).
(ASDRUBALI et al., 2015)	O papel do edificos no consumo de energia (30 a 40%) e o crescimento populacional. Necesidade de orientar o projeto e construção de edificios para reduzir o consumo de energia e de recursos, bem como a minimizar os impactos da geração de resíduos.
(AMEEN; MOURSHED; LI, 2015)	O alto consumo de recursos e emissões de CO_2 devido ao processo de construção. Necessidade de ferramentas para orientar o projeto e modicação do espaço construído no meio urbano. Entretanto, as ferramentas de avaliação do desempenho ambiental ainda enfrentam problemas de adequação aos diferentes contextos locais e o desequílibro entre as 3 dimensões tradionais da sustentabildiade (ambiental, econômica e social) e incluindo uma quarta dimensão (dimensão culutral).

Quadro 11 – Questões e lacunas identificadas nos artigos-chave.

Sharif et al. (2013) apresentam um panorama cronológico da evolução conceitual destas ferramentas em reposta aos problemas urbanos das cidades. As primeiras surgem nos anos de 1970 com a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) inserida no Estudo de Impacto Ambiental (EIA), a partir da Lei Nacional de Política Ambiental dos Estados Unidos (NEPA) em 1969, seguido pela Avaliação Estratégica Ambiental (SEA), em meados de 1980, e a Avaliação da Sustentabilidade (AS) em 1990 (SHARIFI; MURAYAMA, 2013). As ferramentas AIA e SAE até então, atendiam demandas nacionais, principalmente na avaliação de empreendimentos industriais ou urbanos de grande escala.

A Avaliação da Sustentabilidade inclui novas perspectivas de avaliação, considerando as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) (SHARIFI; MURAYAMA, 2014a). Os instrumentos de Avaliação da Sustentabilidade e suas práticas foram gradativamente adaptados para as questões urbanas e avaliação do ambiente construído (e.g., mobilidade, uso do solo e edificações). Nos anos 90, dissemina-se os modelos de avaliação e certificação da sustentabilidade de edifícios como LEED (USA), BREEAM (UK) e CASBEE (Japão), inicialmente de adesão voluntária (LEE, 2013), buscando reduzir impactos e melhorar o desempenho ambiental no uso energia e geração resíduos.

Os autores identificam lacunas na literatura científica como as escassas pesquisas sobre a efetividade das ferramentas (SHARIFI; MURAYAMA, 2014a), necessidade de categorização por grupos (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008) para adequar ao seu contexto e analisar como são usados os relatórios gerados.

b) Objetivos previstos e metodologias adotadas

O Quadro 12 apresenta uma síntese dos objetivos dos artigos e os materiais e métodos empregados pelos pesquisadores para atingi-los, onde observa-se que estes abordaram lacunas identificadas na análise bibliométrica realizada no levantamento do estado da arte.

Haapio et al. (2008) selecionaram 16 ferramentas conhecidas para comparar e identificar afinidades e diferenças. Lee (2013) escolheu ferramentas consolidas como BREEAM, LEED, CASBEE e BREAM Plus e comparou a ESGB chinesa verificando consenso entre as ponderações das ferramentas (LEE, 2013) . Matheus e Bragança (2011), utilizaram BREEAM e LEED para avaliação e busca de melhorias na metodologia SBToolPT–H em Portugal (MATEUS; BRAGANÇA, 2011).

Sharif et al. (2013) fizeram um recorte com 7 ferramentas com o objetivo de comparar uma a uma, sem necessariamente propor organização por categorias (SHARIFI; MURAYAMA, 2013). Ferramentas mais consolidadas como BREEAM, LEED e CASBEE também são frequentemente usadas em estudos comparativos para análise e aperfeiçoamento de ferramentas mais recentes. Sharifi et al. (2014) retornaram ao tema para identificar lições que podem ser apendidas da implantação das ferramentas em estudo de caso de três construções com ferramentas e contexto diferentes (SHARIFI; MURAYAMA, 2014b).

Referência	Resumo dos Objetivos, Materiais e Métodos (MM)
(TAM; TAM; TSUI, 2004)	**Obj. geral:** O artigo envolveu quatro objetivos: 1. Analisar um conjunto de ferramentas de avaliação ambiental da construção; 2. Propor um conjunto de indicadores para avaliação do desempenho; 3. Estabelecer um sistema de ponderações, o *Green Construction Assessment* - GCA; 4. Validar o sistema em 3 estudos de caso em Hong Kong. **M.M.:** Desenvolvimento de um projeto piloto a partir de entrevistas junto a um grupo de gestores ambientais de 6 construtoras de Hong Kong. Como os resultados revisou o modelo estabelecendo 6 indicadores de desempenho de gestão (MPIs) e 7 indicadores de desempenho operacional (OPIs).
(HAAPIO; VIITANIEMI, 2008)	**Obj. geral:** Analisar e categorizar 16 ferramentas de avaliação de edifícios organizando-as por grupos, discutindo como impactam no processo de decisão, suas diferenças, cenário atual e perspectivas. **MM:** Revisão bibliográfica. Estudo da estrutura e conteúdo (individualmente e comparativamente). Fontes: conferências internacionais e homepages. Recorte: Restringiu a pesquisa a 16 ferramentas. Método: Categorizou por grupo para minimizar abordagem diferenciada na descrição das ferramentas.
(LEE, 2013)	**Obj. geral:** Análise e comparação de métricas do chinês ESB com o BREEAM, LEED e CASBEE. **MM.:** Análise métrica. Método: Quadro de avaliação identificando aspectos-chaves de desempenho, suas métricas e aplicando a estatística para a avaliação dos resultados.
(SHARIFI; MURAYAMA, 2013)	**Obj. geral:** Analisar 7 ferramentas (LEED-ND, ECC, BREEAM, CASBEE-UD, HQE ^{2}R, Ecocity) **Obj. espec.:** a) preencher lacuna da avaliação NSA; b) propor estrutura de avaliação; c) Avaliar incorporação dimensões da sustentabilidade. d) Identificar (comparação cruzada) as diferenças/semelhanças, pontos fortes/fracos. e) compreender problemas e desafios; f) discutir soluções e aperfeiçoamento. **MM:** Revisão da literatura. Quadro de Análise. Comparação cruzada: sustentabilidade, abrangência, pré-requisitos, capacidade de adaptação local, comunicação, ponderação e aplicabilidade.
(SHARIFI; MURAYAMA, 2014a)	**Obj. geral:** Fornecer visão geral da NSA e destacar as lições a compartilhar entre as ferramentas. **MM.:** Estudo de caso comparativo. Avaliação cruzada. Materiais: relatórios de avaliação, websites e entrevistas. Objetos de estudo: a) *Koshigaya Lake Town, Japan* (CASBEE-UD); b) *Medical City* UK, UK (BREEAM); c) *Hoyt Yards*, US (LEED-ND)
(ASDRUBALI et al., 2015)	**Obj. geral:** Comparar dois sistemas de avaliação e desempenho, o LEED (USA) e o ITACA (Itália). **MM.:** Estudo comparativos dos critérios e indicadores utilizados entre as duas ferramentas de avaliação (LEED e ITACA) aplicados a dois estudos de caso de construções na Itália.
(AMEEN; MOURSHED; LI, 2015)	**Obj. geral:** Analisar um conjunto de ferramentas de avaliação de desempenho para compreender suas metodologias e critérios a fim de propor diretrizes para aperfeiçoamento e novas ferramentas. **MM.:** Análise comparativa de 6 diferentes ferramentas globais de avaliação do desempenho ambiental quanto as metodologias empregadas e os indicadores avaliados.

Quadro 12 – Objetivos e materiais e métodos empregados.

O estudo comparativo e contextualizado é um recurso recorrente, algumas vezes para aperfeiçoar ferramentas globais e outras vezes para criação de ferramentas locais mais adaptadas (ASDRUBALI et al., 2015; HAAPIO; VIITANIEMI, 2008; LEE, 2013). Em geral as metodologias se assemelham, de natureza aplicada quanto a finalidade e descritiva quanto aos objetivos, partindo dos estudos das ferramentas isoladas e de suas partes (critérios, ponderações etc.) para avaliar, comparar, categorizar e tentar estabelecer princípios gerais. Os procedimentos escolhidos foram, principalmente, a revisão bibliográfica nos principais periódicos e a análise documental (relatórios das avaliações e certificações) nos estudos de

caso. Também podem ser observados procedimentos de pesquisa operacional de forma mais simples como na comparação cruzada entre as ferramentas e seus critérios (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008; SHARIFI; MURAYAMA, 2013) e em estudos das métricas com ferramentas estatísticas e modelos matemáticos (GANGOLELLS et al., 2009; LEE, 2013).

c) Conclusões e lacunas para trabalhos futuros

O Quadro 13 apresenta a síntese das conclusões obtidas para comparação com os objetivos traçados e identificação de lacunas que podem motivar novas pesquisas.

Referência	Principais conclusões e oportunidades de pesquisa futura (lacunas)
(TAM; TAM; TSUI, 2004)	A maioria das ferramentas de avaliação de desempenho ambiental não são adequadas as atividades de construção. A análise do modelo proposto *Green Construction Assessment* aplicado em três estudos de caso aponta para sua confiabilidade como instrumento de avaliação de desempenho.
(HAAPIO; VIITANIEMI, 2008)	As ferramentas apresentam estruturas, aplicações, usuários e dados variados que dificulta a sua categorização. Necessidade de analisar como são utilizados os resultados. Como usar de forma mais eficiente? Como afeta a tomada de decisão? ... "a construção de alta qualidade" de hoje será "a construção de baixa qualidade" do futuro?
(LEE, 2013)	Os sistemas avaliados evoluíram de forma semelhante. Em relação aos critérios e categorias, BREEAM e LEED têm um maior escopo comparado ao CASBEE. Observou-se que os sistemas adotam escalas lineares e não-linear, onde a não-linear parece mais adequada para a concessão da classificação, recomendado uma revisão da adoção das escalas. Certificações em 1 fase auxiliam na aproximação entre desempenho atual e o modelado na fase de projeto, entretanto quando em 2 fases pode fornecer a flexibilidade para garantir o desempenho nas fases do ciclo de vida do edifício.
(SHARIFI; MURAYAMA, 2013)	Observou maior ênfase na dimensão ambiental frente a outros aspectos (sociais, econômicos e institucionais). Divergências por causa da variabilidade (fins, usuários e objetivos diversos). Modelo de verificação (checklists), diferenciando graus e ponderações. Desenvolvidas por especialistas gerando baixo envolvimento dos cidadãos. Algumas mostram maior equilíbrio nas 3 dimensões da sustentabilidade como HQE, Ecocity e SCR, talvez por participação das partes interessadas. Necessidade de inclusão da 4 dimensão (institucional) e de atribuir limites para fortalecer a resiliência. Principais barreiras: adesão voluntária, custos econômicos e complexidade/ambiguidade.
(SHARIFI; MURAYAMA, 2014a)	A avaliação cruzada mostrou-se um método promissor na avaliação das ferramentas e certificações, direcionando melhorias. Lições a compartilhar: a) Não existe um método único, para avaliar a sustentabilidade; b) desequilíbrio nas ponderações pode gerar favorecimento intencional de critérios específicos; c) creditar todos os esforços no sentido de alcançar a sustentabilidade e; d) importância de incluir alguns critérios obrigatórios.
(ASDRUBALI et al., 2015)	Ambas as ferramentas (LEED e ITACA) apresentam um sistema complexo de classificação do desempenho ambiental. Enquanto o LEED observa mais a escolha do local da construção, de outro lado o ITACA prioriza indicadores de água e energia, e aspectos de gestão. Os projetos obtiveram pontuação melhor no ITACA, talvez pelo fato dos projetistas serem influenciados pelos critérios do sistema que é mais usual.
(AMEEN; MOURSHED; LI, 2015)	A comparação permitiu identificar conflitos e oportunidades entre as ferramentas de forma a compartilhar a experiências entre os países quanto a estrutura organizacional e métodos de avaliação. A maioria das ferramentas possuem uma estrutura comum direcionadas a questões como desempenho ambiental, entretanto ainda não abordam adequadamente a questão cultural. Destaca que em países em desenvolvimento tais ferramentas podem ser um importante instrumento de orientação a construção.

Quadro 13 - Principais Conclusões dos Artigos-chave.

Os resultados apontam semelhanças nas ferramentas tradicionais (LEED, BREAM e CASBEE) com critérios e divisão por categorias ou classes, e uso de instrumentos como

checklists para verificação dos indicadores. Entretanto, ainda existe muitas diferenças na abordagem de aspectos, tais como a certificação, avaliação por etapas e ciclo de vida, escala e abrangência, nos modelos de avaliação (critérios, ponderação), participação dos *stakeholders*, perfil dos usuários, bônus entre outros. A certificação, que atribuiu um critério de qualidade ao empreendimento, está presente na maioria das ferramentas, podendo ser em uma ou mais etapas. A certificação em etapas aponta para uma melhor aderência aos objetivos de desempenho esperados no ciclo de vida (LEE, 2013).

Outra questão recorrente nos artigos é para a necessidade de atendimento das dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) visando o desenvolvimento sustentável urbano (HE et al., 2011; MATEUS; BRAGANÇA, 2011; SHARIFI; MURAYAMA, 2013). Neste sentido, ainda são necessários ajustes estruturais como a melhoria da avaliação na dimensão social (acessibilidade, vizinhança) e ampliação dos estudos na escala bairro (HAAPIO, 2012; SHARIFI; MURAYAMA, 2014b). Sharif et al., (2013) apontam que algumas ferramentas como a HQE (EU), *Ecocity* (EU) e SCR (Austrália) atendem mais equitativamente as três dimensões ambientais e maior envolvimento das partes interessadas (SHARIFI; MURAYAMA, 2013). Ding (2008) destaca a importância dos interesses das partes interessadas na definição dos critérios aos quais estão diretamente impactados, como também na definição dos pesos de cada item na avaliação (DING, 2008). Um aspecto observado é que os sistemas adotados influenciam no modo de projetar dos arquitetos locais em função da familiaridade com a ferramenta (ASDRUBALI et al., 2015)

Haapio et al (2008) listam uma série de lacunas sobre o tema: a) análise do uso dos resultados pelos envolvidos (profissionais AEC, gestores, moradores); b) avaliação do impacto na tomada de decisão e; c) análise de como a vida útil afeta o resultado da avaliação (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008).

Em relação aos procedimentos metodológicos os autores mostram consenso no uso da comparação cruzada como importante recurso de modernização das ferramentas, entretanto reconhecem as dificuldades apresentadas pela variabilidade na estrutura interna e cuja complexidade aumenta quando as ferramentas são comparadas em conjunto ou por categoria.

4.3.5 Considerações e Conclusões do capítulo

Os artigos analisados guardam importantes relações com o tema de avaliação dos impactos de canteiros de obras, na busca de delinear critérios para desenvolver o método de

avaliação dos aspectos ambientais, incorporando de forma equilibrada suas três dimensões principais (ambientais, sociais e econômicas).

Os resultados evidenciam os estudos e autores mais citados quanto ao tema na base EI Compendex, apresentando um panorama do estado da arte, a problemática, tipos de ferramentas e critérios para sua seleção. Entre os periódicos se destacam o *Environmental Impact Assessment Review*, *Building and Environment* e *Automation in Construction*.

A grande maioria dos estudos citados envolveu ferramentas conhecidas como LEED (US), BREEAM (UK) e CASBEE (Japão) (HAAPIO, 2012; LEE, 2013; SHARIFI; MURAYAMA, 2014a, 2014b). O uso de estudos comparativos auxiliam a compreender as diferenças entre as ferramentas internacionais e modelos locais, como o ESGB Chinês (HE et al, 2011); a SBTool em Portugal (MATEUS; BRAGANÇA, 2011), Itália (ASDRUBALI et al., 2015) e Reino Unido (BASSI et al., 2012). De outro lado, também foram evidenciados estudos com abordagem em contextos locais, a exemplo da cidade de Curitiba (ZANNIN; SANT'ANA, 2011) e a revisão de legislação brasileira (LOLLO; RÖHM, 2009).

Além dos diferentes aspectos geográficos, os artigos também guardam diferenças quanto a escala de análise. Enquanto alguns tratam da redução dos impactos na escala da edificação, ou como denominam "construções sustentáveis" (MATEUS; BRAGANÇA, 2011), outros ampliam esta escala para todo o bairro ou cidade abordando na busca das denominadas "comunidades urbanas sustentáveis" (HAAPIO, 2012).

A comparação cruzada foi uma escolha recorrente para atingir os objetivos previstos. Entretanto, na análise dos artigos reconhece-se a dificuldade em categorizar as ferramentas (DING, 2008) em função da variabilidade dos fatores envolvidos e que desafia as pesquisas futuras sobre como trabalhar com as diferentes partes interessadas (comunidades, gestores, construtores), diversas ferramentas de avaliação e a complexidade do empreendimento.

A defasagem nas ferramentas e prática de avaliação na construção civil parece ampliada, quando comparada com outros setores industriais (química, metalmecânica, de transformação etc.), alguns dos motivos podem estar nas diferenças entre estes setores e indústria da construção civil (ICC). A ICC ainda enfrenta problemas de baixa produtividade, ciclos de produtos longos e ciclos curtos de etapas, parque industrial móvel e transitório, alta variabilidade de produtos e processos.

Em termos dos procedimentos metodológicos os resultados apontam a importância da escolha da metodologia e seu ajuste para a caracterização do contexto e das particularidades do objeto de estudo, destacando-se:

- A análise da adequação das ferramentas pode ser facilitada quando feita de forma comparada, com uso de técnicas como análise de conteúdo e comparação cruzada, inclusive com recursos matemáticos e estatísticos para validar os resultados.
- A análise comparada também pode ajudar a transferir as lições aprendidas entre as ferramentas para o seu aperfeiçoamento ou para a criação de uma nova ferramenta.
- As ferramentas ainda precisam aperfeiçoar seus modelos para reduzir o impacto da variabilidade na generalização dos resultados através da coleta e tratamentos dos dados, sistemas de ponderação e redução das incertezas quanto a subjetividade.
- A escolha da ferramenta deve levar em conta os objetivos a que se destinam e as características da escala do objeto de avaliação (edificação, vizinhança ou comunidade).

Por fim, os resultados apontam a necessidade de estudos futuros de como incorporar estas ferramentas de avaliação da sustentabilidade nas diversas etapas do ciclo de vida da gestão das construções (planejamento, construção e demolição) sob a perspectiva da sustentabilidade.

5 IMPACTOS DOS CANTEIROS DE OBRAS NA CIDADE DE FEIRA DE SANTANA

5.1 Considerações preliminares

Este capítulo apresenta um panorama sobre os impactos do processo de construção no espaço urbano da cidade de Feira de Santana, em especial no entorno imediato dos canteiros de obras. A exemplo dos capítulos anteriores, este também tem uma relação direta com uma das questões e um dos objetivos específicos do desenho conceitual da pesquisa (Quadro 1):

Questão 4: Como os canteiros têm impactado as cidades e como ferramentas de georreferenciamento podem auxiliar na sua identificação?

Objetivo específico 4: Caracterizar os impactos ambientais gerados pelos canteiros de obra em uma cidade média (Problemática local).

O capítulo contextualiza o problema, fazendo um paralelo com os desafios de gestão urbana das cidades (capítulo 3), e ao mesmo tempo recolhe informações para a seleção dos canteiros de obras para o estudo de caso (capítulo 6).

5.2 Metodologia do capítulo

O panorama dos aspectos e impactos gerados por canteiros de obras na cidade de Feira de Santana compreendeu três etapas.

a) Etapa 01

Inicialmente foi feita uma caracterização geral da cidade segundo seus dados demográficos (população, taxa de crescimento e urbanização) e perfil econômico. Na sequência, o estudo analisou a estrutura de gestão da construção comparando com seus principais marcos legais como o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), a Lei de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo (LOUOS), o Plano Municipal de Resíduos Sólidos, Código de Obras e o Código de Meio Ambiente. Por último, foi feito um levantamento do perfil das empresas locais de construção. O método foi adaptado do proposto por Bittencourt (2012) na análise de impacto ambientais de canteiros de obras na Grande Florianópolis, onde coletou os dados junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Santa Catarina (BITTENCOURT, 2012).

b) Etapa 02

A segunda etapa compreendeu um levantamento dos prédios residenciais acima de 8 pavimentos na cidade construídos entre 1985 (quando surgem os primeiros prédios) e 2017. A prefeitura local não conta com uma base de dados disponíveis sobre os imóveis, apenas registros físicos em seu cadastro imobiliário. Também não foram identificadas pesquisas sobre o tema nas bases indexadas. Uma fonte relevante foram os trabalhos de conclusão do curso de engenharia civil da Universidade Estadual de Feria de Santana, onde entre diversos assuntos estão os estudos de casos sobre obras locais conduzidos por graduandos e seus orientadores e que podem ser consultados em seu sítio eletrônico (http://civil.uefs.br/TCC.htm). Outra fonte de dados foi a o Portal Skyscrapercity.com que mantém fóruns para compartilhamento de imagens e dados de construção de várias cidades ao redor do mundo, entre os quais o fórum da Feira de Santana (https://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=867430&page=922).

A falta de artigos científicos indexados para subsidiar o levantamento e a dificuldade de acesso aos dados da prefeitura local exigiu uma pesquisa exploratória.

A fase de coleta e análise adaptou a metodologia proposta por Marcone e Lakatos (2003), para permitir o estudo das variáveis relacionadas aos prédios, sua localização e relação com a distribuição de renda na cidade. Abaixo estão indicados os passos adotados:

- Coleta de dados (setor imobiliário, construtoras envolvidas e sites especializados).
- Seleção dos dados a arquivar.
- Codificação (categorias por ano);
- Tabulação dos dados (em forma de planilhas)
- Localização dos prédios em uma plataforma GIS, o *My Maps* da Google.
- Análise da distribuição (espacial e temporal).

O procedimento inicial foi a prospecção nos sítios eletrônicos de imobiliárias locais (Quadro 14) para identificar os empreendimentos de prédios acima de 8 pavimentos já construídos, em construção ou com previsão de lançamento.

Imobiliária	Sítio eletrônico
Mirante Imobiliária (CRECI PJ 1167)	http://www.mirante.imb.br/
Atual imobiliária (CRECI PJ 1053)	http://www.atualimobiliaria.com.br
Nobel Imobiliária (CRECI PJ 143)	http://www.nobelimoveis.com.br
Antônio Alencar Imobiliária (CRECI PJ 1524)	http://www.antonioalencar.com.br
Merkado Imobiliário (CRECI PJ 1335)	http://www.merkadoimobiliaria.com.br

Quadro 14 - Relação dos sítios eletrônicos consultados

A validação dos dados coletados foi feita com visita de campo para confirmar a localização e o ano de conclusão através de contato com as construtoras ou responsáveis técnicos das obras citadas que ainda estão no mercado local. No caso dos prédios construídos por empresas que não mais operam ou que o responsável técnico não pode ser localizado a confirmação foi feita através de prestadores de serviços da obra ou busca de outras fontes.

Para cada prédio foram coletadas as seguintes variáveis: nome do prédio, ano de conclusão, localização (logradouro e coordenadas decimais), empresa construtora e o número de andares. Na identificação do número de andares adotou-se o critério do andares acima do nível da rua, desconsiderando os subsolos que porventura os prédios possuam. As informações coletadas foram tabuladas em planilha eletrônica, organizados por categorias segundo o ano de conclusão (grupo de 5 anos) dos prédios para facilitar a análise da distribuição espacial ao longo do período de 1985 a 2017.

O levantamento buscou identificar as áreas com maior ocorrência de canteiros em operação, que permitisse durante a pesquisa de campo, caracterização dos impactos da obra e análise quanto a sobreposição destes impactos pela ocorrência de mais de um canteiro em uma mesma rua, quadra ou bairro.

c) Etapa 03

A última etapa utilizou imagens georreferenciadas do *Google Street View* de alguns dos empreendimentos identificados na etapa anterior para verificar a viabilidade do uso do aplicativo como instrumento preliminar para identificação e análise de aspectos e impactos ambientais gerados pelos canteiros. Um registro fotográfico com observação de campo complementou o banco de imagens e o Google Maps foi utilizado para coletar as coordenadas geográficas dos pontos de interesse.

A análise buscou extrair informações das imagens, tais como tipo de fechamento do canteiro (tapume), sistemas construtivos, sistemas de movimentação e cargas e pessoas, e armazenamento de materiais e resíduos.

5.3 A Gestão Urbana na cidade de Feira de Santana

5.3.1 Cidade de Feira de Santana

A Bahia tem apenas duas regiões Metropolitanas, a Região Metropolitana de Salvador criada em 1973 e a Região Metropolitana de Feira de Santana em 2011. Feira de Santana

como um centro de região metropolitana recente vem atraindo população do entorno (IBGE, 2015b), o que justifica a preocupação em antecipar problemas que podem vir desta expansão, como ocorrem na capital Salvador que já possui um malha urbana adensada.

Algumas características reforçam esta tendência de crescimento da cidade de Feira de Santana: a) possui população acima de 500 mil habitantes[1], portanto dentro do grupo das cidades mundiais de porte médio (500 mil a 1 milhão de habitantes), o grupo de cidades que mais crescem no mundo atualmente (ONU, 2014); b) segunda cidade baiana em população e terceira em PIB[2]; c) a cidade é centro de uma região metropolitana recém-criada[3]; d) possui uma taxa de urbanização acima de 87%; e) fica localizada a apenas 109 km da capital do estado, Salvador, centro da Região Metropolitana de Salvador – RMS [4]. Feira de Santana acompanha a tendência de crescimento das cidades médias, com crescimento da população no período de 2010 a 2013 de 8,9% maior que o 7,8% de Salvador (IBGE, 2010).

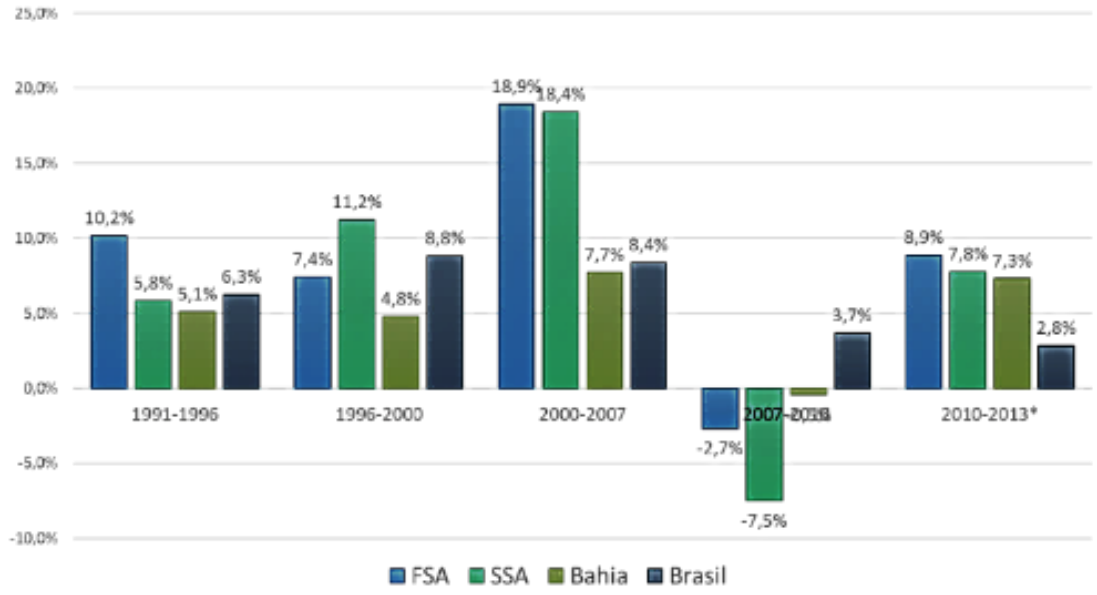


Figura 14 - Crescimento Populacional Feira, Salvador e Brasil (IBGE, 2010)

5.3.2 Dados da Gestão Urbana

Os principais marcos regulatórios do desenvolvimento urbano e regulação da construção na cidade de Feira de Santana foram recentemente atualizados pelo governo municipal.

---

[1] Segundo dados do Censo de 2010 (IBGE) a população da cidade de Feira de Santana era de 556.642 habitantes.
[2] Em 2010, Feira de Santana representava 5,2% do PIB baiano, atrás de Salvador (24.3%) e Camaçari, (7.7%).
[3] A Região Metropolitana de Feira de Santana (RMFS) foi criada pela lei Complementar do Estado da Bahia nº 35 de 06/07/2011.
[4] A Região Metropolitana de Salvador (RMS) foi criada pela Lei Complementar Federal nº 14 de 08/06/1973.

- Política Municipal de Resíduos Sólidos e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Lei Nº 3785, de 19 de dezembro de 2017 (FEIRA DE SANTANA, 2017).
- Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Territorial – Lei Complementar N° 117, de 20 de dezembro de 2018 (FEIRA DE SANTANA, 2018a)
- Código de Meio Ambiente de Feira de Santana - Lei Complementar Nº 120, de 20 de dezembro de 2018 (FEIRA DE SANTANA, 2018b).
- Lei de Ordenamento de Uso e Ocupação do Solo - Lei Complementar Nº 118, de 20 de dezembro de 2018 (FEIRA DE SANTANA, 2018c)
- Código de Obras de Feira de Santana - Lei Complementar Nº 119, de 20 de dezembro de 2018 (FEIRA DE SANTANA, 2018d).

Estas legislações substituíram leis antigas, algumas cujo texto base ainda era de 1992 e que vinham recebendo pequenas atualizações desde então. Tal situação provocava divergências com o arcabouço legal estadual e federal vigente, tais como o Estatuto da Cidade de 2001 (BRASIL, 2001), a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 (BRASIL, 2010) e Política Estadual de Resíduos Sólidos da Bahia de 2014 (BAHIA, 2014) .

Uma análise comparada permitiu identificar avanços significativos nas versões mais recentes de 2017 e 2018 com aqueles de 1992. O PDDU, por exemplo, incorporou o conceito de polos geradores de viagem (PGV) ou Polo Gerador de Tráfego (PGT), que devem ser considerados nos procedimentos de aprovação e projetos arquitetônicos e execução. Também atualizou imagens do zoneamento urbanos e divisão dos bairros.

Entretanto, a cidade ainda apresenta diversos problemas de gestão comuns em cidades médias brasileiras em expansão. Um deste fatores é a falta de sistemas de coleta e divulgação de informações municipais. Freitas, Gomes e Borges (2013) destacam a falta de instrumentos de gestão e planejamento municipal e a dificuldade de acesso a informações territoriais, com uma base cartográfica desatualizada datada de 1998, agravada pelo fato de não possuir informações básicas como divisas dos lotes e contorno das edificações. O cadastro territorial municipal até 2013 se limitava ao sistema viário e contorno das quadras (FREITAS; GOMES; BORGES, 2013). Sistemas de informações municipais reúnem e facilitam o acesso a mapas interativos, informações georreferenciadas e dados estatísticos do município.

Cidades como Porto Alegre[5] e Rio de Janeiro[6] já possuem seus sistemas de informações municipais. Na Bahia, sistemas semelhantes foram implantados pelo município de Salvador[7] e pelo governo estadual[8], abrangendo alguns municípios baianos.

O Zoneamento da cidade foi revisto recentemente pela Lei Complementar Nº 117, de 20 de dezembro de 2018 (FEIRA DE SANTANA, 2018a) que definiu o PDDU 2018 substituindo o anterior da Lei Complementar Nº 86, de 24/09/2014 (PMFS, 2014).

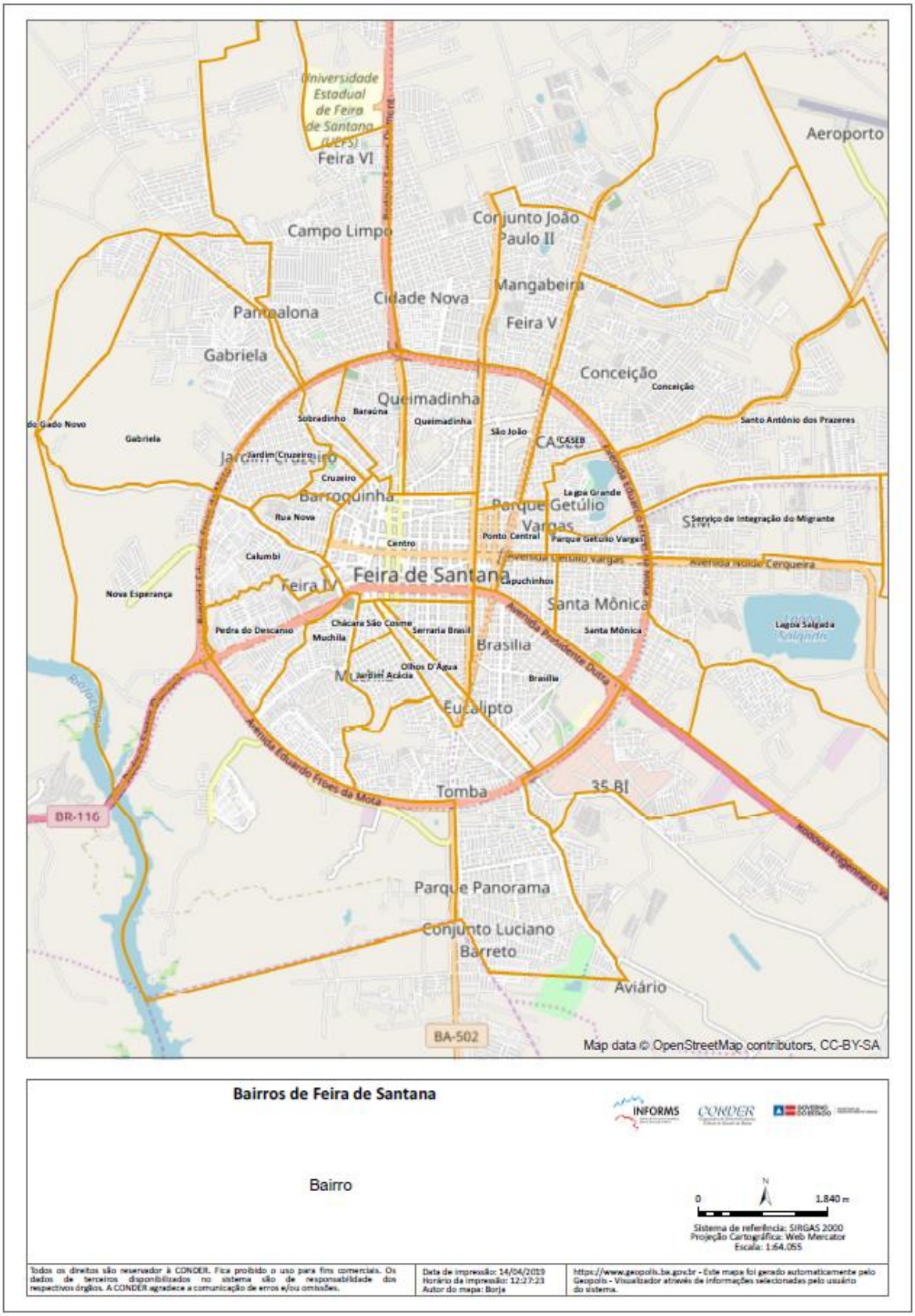
Um importante marcador de sua área urbana é a Avenida Eduardo Froes da Mota, também conhecida como "Avenida de Contorno", um anel rodoviário que na época de sua construção definia a separação da área urbana da área rural. A Figura 15 permite identificar o anel rodoviário e os diversos bairros do município.

[5] O Observatório da Cidade de Porto Alegre (ObservaPOA) reúne uma base de informações georreferenciadas sobre o município de Porto Alegre, em http://www.observapoa.com.br/

[6] O Sistema Municipal de Informações Urbanas (SIURB) da cidade do Rio de Janeiro, em http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp/siurb

[7] Sistema de Informações Municipais da cidade de Salvador, em http://www.sim.salvador.ba.gov.br/

[8] Sistema de Informação Municipais do Estado da Bahia, em http://sim.sei.ba.gov.br/



Fonte: Editado pelo autor na base http://geopolis.ba.gov.br/

Figura 15 - Distribuição dos bairros da sede do munícipio de Feira de Santana

O novo PDDU redefiniu as “zonas de predominância de usos Z” (FEIRA DE SANTANA, 2018a):

- I - Zona de Predominância Residencial;
- II - Zona de Predominância Comercial;
- III - Zona de Predominância Industrial;
- IV - Zona Especial de Interesse Social - ZEIS;
- V - Zona de Interesse Turístico - ZIT;
- VI - Zonas do Centro industrial do Subaé - ZCIS;
- VII - Zona de Exploração Mineral - ZEM;
- VIII – Zona de Proteção Ambiental - ZPA
- VIII - Zona de Uso Especial - ZUE.

A nova lei também atualizou as imagens caracterizando os diversos zoneamentos (Figura 16). Estas imagens estão em meio físico, pois a Prefeitura Municipal não possui sistema SIG implantado e ainda não disponibiliza plantas cartográficas via web.

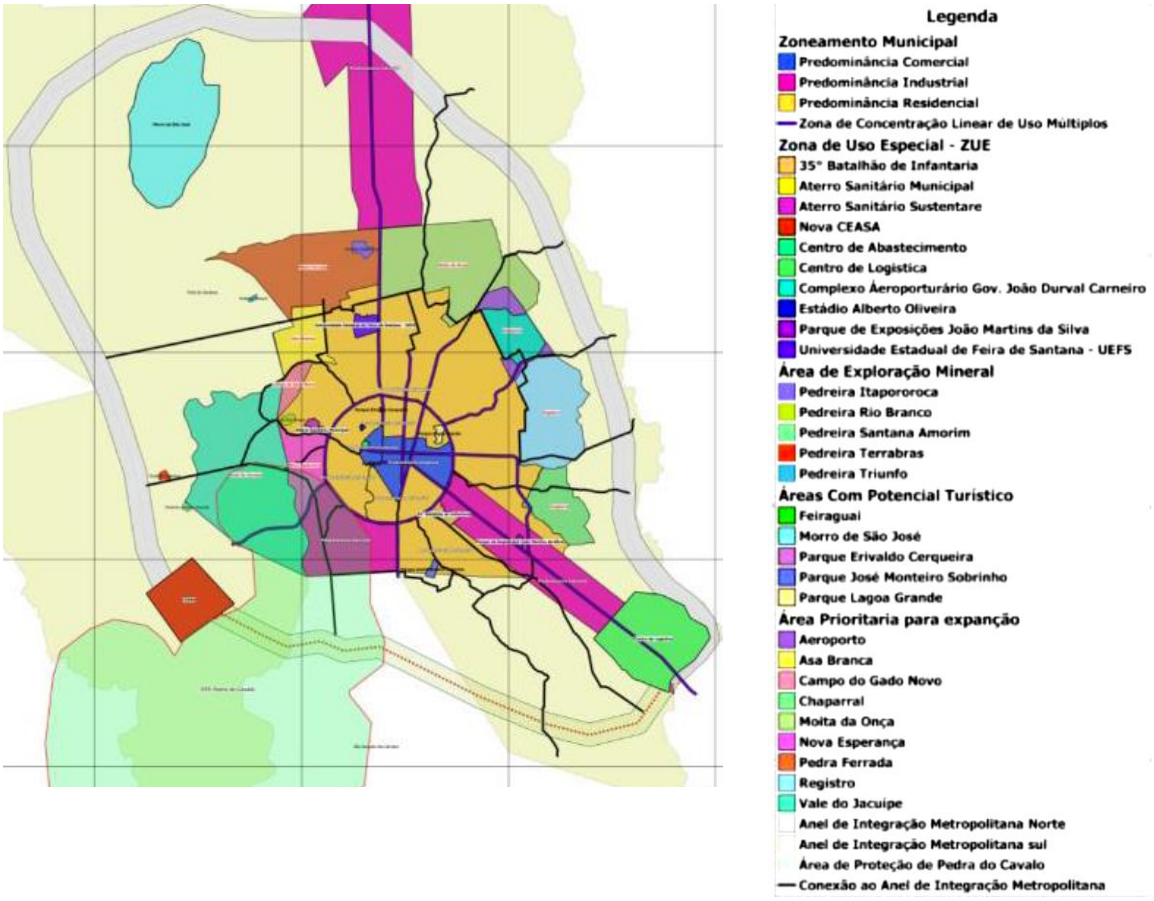
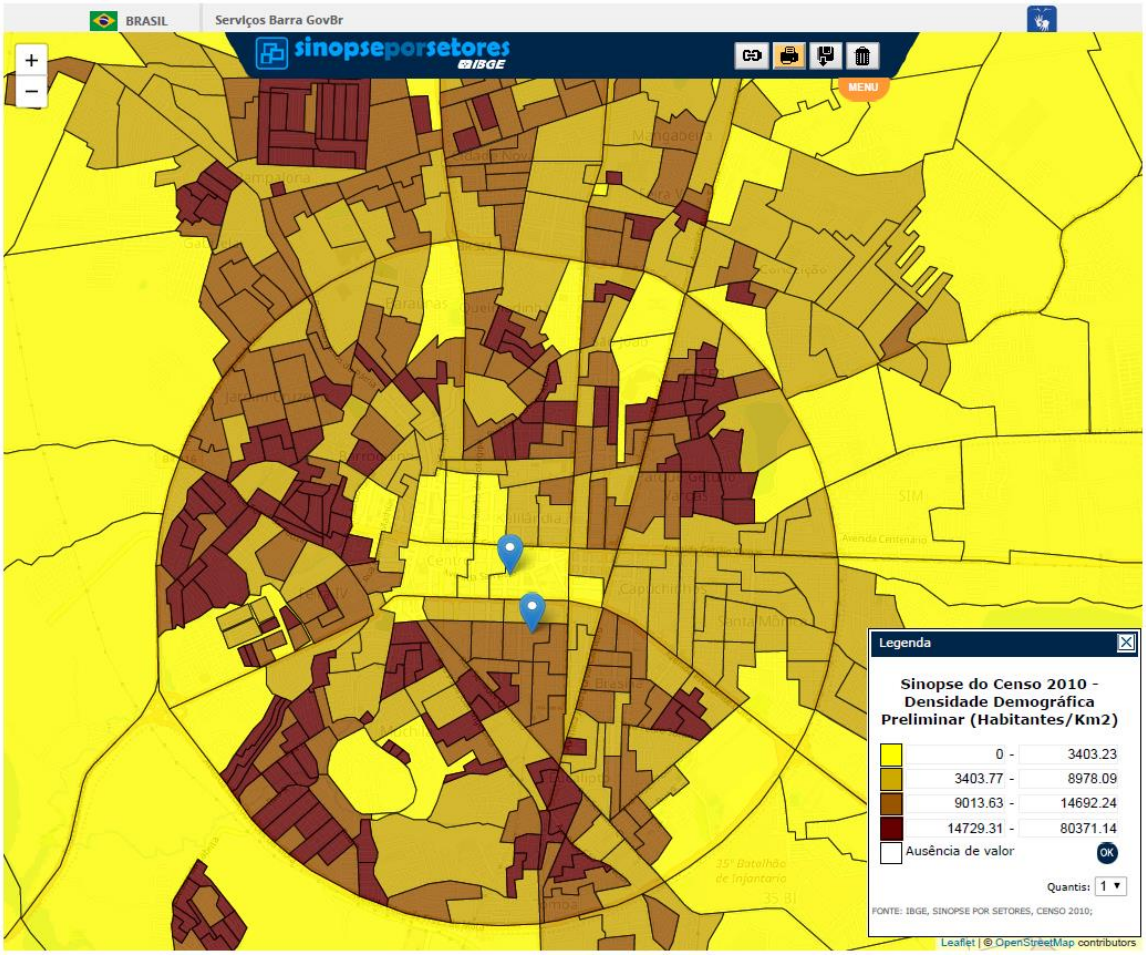


Figura 16 - Zoneamento LOUOS Feira de Santana (FEIRA DE SANTANA, 2018a)

A Figura 17 mostra a densidade demográfica do Censo 2010 por bairro da cidade de Feira de Santana. Analisando as regiões limitadas pela Avenida Eduardo Froes da Mota (anel rodoviário) e tomando como referência o bairro centro, observa-se que a densidade demográfica é bem variada entre os bairros centrais, com áreas de maior densidade nos bairros a oeste, a norte e a sul e bairros com menores densidades na região sudeste.



Fonte: Editado pelo autor na base https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores

Figura 17 – Mapa com a densidade demográfica da Sede do Munícipio de Feira de Santana

Apesar de menor densidade demográfica, é justamente as áreas localizadas a leste que possuem uma melhor infraestrutura urbana de serviços públicos, comércio e educação. Esta região é aquela que ainda possui lotes amplos e com alto valor de mercado, o que leva as incorporadoras a adquirem e promovem a demolição das construções existentes para aproveitar a infraestrutura disponível. Dessa forma, as construções unifamiliares vêm dando lugar a prédios de múltiplos pavimento, intensificando o uso do lote urbano e, consequentemente, aumentando seus índices de ocupação e de utilização, onde o primeiro

implica em redução das áreas permeáveis e o segundo em verticalização para a ampliação do número de unidades habitacionais no lote.

A maior valorização dos lotes nas áreas com maior infraestrutura urbana, impacta nos custos de construção dos empreendimentos limitando sua oferta a um público de renda média a alta com capacidade de arcar com os custos extra da oferta desses serviços. De fato, segundo Santo et al (2012), a população com maior renda se concentra em uma área no eixo Centro-leste, ao longo da Avenida Getúlio Vargas, compreendendo os bairros ao centro como a Kalilândia, e ao leste, Capuchinhos e Santa Mônica. A concentração e renda nestes bairros também tem relação direta com as condições de infraestrutura. Os autores observam que aqueles que tem maior poder aquisitivo se apropriam dos melhores espaços (melhores condições ambientais, boa infraestrutura e autos valores de mercado), como é o caso dos bairros Santa Mônica, Capuchinhos, Muchila II e Kalilândia" (SANTO et al., 2012).

5.3.3 Informações sobre o mercado de construção local

As informações coletadas sobre o mercado local foram limitadas devido à falta de atualização dos dados ou dificuldade de acesso aos registros dos órgãos municipais e estaduais que atuam na regulação do setor de construção no município.

O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Bahia (CREA-BA), por exemplo, parou de editar o catálogo empresarial das empresas de construção na Bahia e a obtenção de informações como a lista com a relação das empresas deve ser solicitada por ofício diretamente à presidência do CREA. Além das limitações da publicidade das informações também se verificou mudanças no sistema de busca no sítio eletrônico do CREA/BA. Antes a consulta de "Serviços ao Público" utilizando o nome profissional retornava à relação das ARTs das obras e/ou serviços deste professional, permitindo à comunidade obter informações sobre obras e experiências do profissional. Atualmente, como o novo sistema de busca do sítio do CREA-BA, as informações estão limitadas aos dados cadastrais da empresa e/ou profissional (razão social, nome fantasia, endereço, responsáveis técnicos ativos, capital social), não permitindo acesso a lista de ARTs vinculadas com uma descrição do tipo de obra ou serviço. Na busca por "palavra-chave" o resultado foi limitado a 50 ocorrências.

Outras fontes de coleta de dados consultada foi a Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB) e o Sindicato da Industria da Construção da Bahia (SINDUSCON). A FIEB

disponibiliza o Guia da Indústria da Construção que pode ser adquirido em versão impressa ou acessado seu resumo via web [9] (http://www.fieb.org.br/guia/).

A versão web do sistema FIEB também foi testada para obtenção da lista das empresas do setor de construção em Feira de Santana. O sistema permite dois tipos de pesquisa: simples e especial. A consulta simples pode ser feita por parte ou todo da razão social e/ou produto comercializado e filtrado por município. A consulta especial permite o uso de filtros (palavra-chave, atividade CNAE, potenciais fornecedores, potenciais compradores, empresas importadoras e empresas exportadoras), entretanto sem especificar por município.

a) Busca simples.

Observa-se algumas questões sobre o resultado da busca simples usando termos específicos na versão web do Guia Industria da FIEB e restrito às empresas localizadas no município de Feira de Santana: 39 ocorrências na busca usando o produto "construção"; apenas 3 ocorrências para a busca usando o produto "areia"; apenas 1 ocorrência para a busca usando o produto "fundação", a empresa Apoio Fundações.

b) Busca especial com uso de filtros.

A Tabela 2 apresenta os resultados para a busca especial na plataforma web do Guia Industrial da FIEB para as empresas do setor de construção na Bahia restritos às seções F41 (Construção de Edifícios) e F43 (Serviços Especializados de Construção) e suas subdivisões. Não constam da tabela a seção F42 (Obras de Infraestrutura), pois a pesquisa limitou a busca às atividades relacionadas aos canteiros de obras residenciais.

[9] O Guia Industrial do Estado da Bahia da FIEB na versão web (http://www.fieb.org.br/guia/) disponibiliza de forma resumida informações sobre as indústrias do Estado da Bahia.

Tabela 2 – Empresas do setor de construção para as seções F41 e F43 na FIEB

Atividade	Qtd	Atividade	Qtd	Atividade	Qtd
F41 Construção de Edifícios	434	F411 – Incorporação de empreendimentos imobiliários	12	F41107 - Incorporação de empreendimentos imobiliários	12
		F412 – Construção de Edifícios	422	F41204 - Construção de edifícios	422
F43 Serviços Especializados de Construção	387	F431 - Demolição e preparação do terreno	62	F43118 - Demolição e preparação de canteiros de obras (1)	1
				F43126 - Perfurações e sondagens	3
				F43134 - Obras de terraplenagem	56
				F43193 - Serviços de preparação do terreno não especificados anteriormente	2
		F432 - Instalações elétricas, hidráulicas e outras instalações em construções	183	F43215 - Instalações elétricas	88
				F43223 - Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração	58
				F43291 - Obras de instalações em construções não especificadas anteriormente (2)	37
		F433 - Obras de acabamento	55	F43304 - Obras de acabamento	55
		F439 - Outros serviços especializados para construção	87	F43916 - Obras de fundações	15
				F43991 - Serviços especializados para construção não especificados anteriormente	72

Fonte: FIEB - Federação das Indústrias do Estado da Bahia (http://www.fieb.org.br/guia/)

Uma análise dos dados obtidos no sistema de busca especial levantou algumas questões:

- Não foram identificadas empresas com o código F41107 (incorporação de empreendimentos) na cidade de Feria de Santana.
- Apenas uma empresa cadastrada com a atividade F43118 (demolição e preparação e canteiros) com sede em Salvador.
- Apenas 3 empresas cadastradas com a atividade econômica F43126 (Perfurações e sondagens) localizadas nas cidades de Salvador, Jaguari e Lauro de Freitas.
- 72 empresas foram identificadas para o grupo F43991 (Serviços especializados para construção não especificados anteriormente) que compreende entre outras a atividade de “administração de obras”.

5.4 Prédios residenciais acima de 8 andares

O Quadro 15 apresenta o resultado do levantamento dos prédios residenciais a partir dos 8 andares com os nomes dos empreendimentos, ano de conclusão, número de andares, número de torres, bairro e sua localização em coordenadas decimais. Os dados foram classificados por ano de conclusão para permitir analisar a expansão do número de edifícios no tempo e a sua distribuição.

Ano de conclusão	Nº	Nome do Empreendimento	N° de andares	N° de torres	Bairro	Coordenadas decimais do local de registro (1)
1985	1	Ed. Falcão	8	1	Capuchinos	-12.256751, -38.951686
	2	Ed. D'Alamo	7	1	Capuchinos	-12,257010, -38,948958
1990	3	Ed. Portal das Mansões	14	1	Santa Mônica	-12,256480, -38,933716
	4	Ed. Portal da Praça	13	1	Centro	-12.257041, -38.957686
	5	Ed. Portal do Jardim	15	1	Centro	-12,257032, -38,959591
1991	6	Ed. Vila Serena	11	1	Centro	-12,252459, -38,961296
	7	Ed. Kalilândia Residence	11	1	Kalilândia	-12.251703, -38.959589
1993	8	Ed. Morada Real	11	1	Ponto Central	-12.257441, -38.953221
1997	9	Ed. Palais de Versáilles	16	1	Capuchinhos	-12.260189, -38,939998
	10	Ed. Maison D'Etoile	16	1	Capuchinos	-12.260190, -38.940547
	11	Ed. Terraços da Torre	17	1	Kalilândia	-12.252415, -38.955420
	12	Ed. Morada Imperial	11	1	Kalilândia	-12.253641, -38.955744
	13	Ed. Mansão Beverly Hills	16	1	Kalilândia	-12.252779, -38.956028
1998	14	Ed. Resid. Tito Barreiros Machado	16	2	Ponto Central	-12.253116, -38.947878
1999	15	Ed. Mansão Tereza Santana	16	1	Santa Mônica	-12.258409, -38.936876
	16	Ed. Florida Tower	15	1	Ponto Central	-12,258873, -38,948606
2000	17	Cond. Recanto das Ilhas	11	2	CASEB	-12.236901, -38.945417
2001	18	Ed. Mansão Manoel Alves Pereira	17	1	Santa Mônica	-12.257253, -38.946442
2002	19	Ed. Morada Maria Quitéria	12	1	Queimadinha	-12.234808, -38.954385
	20	Cond. Belleville	16	2	Ponto Central	-12.253562, -38.948122
	21	Ed. Mansão Orion	17	1	Ponto Central	-12.251725, -38.955653
2004	22	Ed. Mansão Amélio Amorim	21	1	Kalilândia	-12.252329, -38.951950
2005	23	Ed. Mansão Saint Germain	17	1	Ponto Central	-12.254341, -38.948109
2007	24	Ed. Residencial JCP	14	1	Ponto Central	-12,257366, -38,952570
	25	Cond. José da C. Falcão	21	2	Santa Mônica	-12.264491, -38.940671
	26	Cond. Residencial Villa D'Itália	8	3	Pedra do Descanso	-12.262351, -38.979787
	27	Ed. Antônio Torres Coelho	13	1	Santa Mônica	-12.257975, -38.944006
2008	28	Ed. Residencial Margarida Ribeiro	16	1	Ponto Central	-12.252771, -38.952754
	29	Cond. Vila das Flores	10	5	Muchila	-12.269484, -38.971227
2009	30	Edf. Loft Privilégio	13	1	Capuchinhos	-12.256908, -38.952670
2010	31	Ed. Parc da France	25	1	Santa Mônica	-12.258055, -38.939529
2012	32	Ed. Residencial Appia	9	1	Santa Mônica	-12.265291, -38.934891
2013	33	Ed. Vert Santa Mônica	13	1	Santa Mônica	-12.260358, -38.937541
	34	Ed. Star Residence	18	1	Santa Mônica	-12.259209, -38.940423
2014	35	Ed. Ville de Lyon	25	1	Santa Mônica	-12.260514, -38.933675
	36	Ed. Senador Life - 2 torres	12	2	Olhos D'Água	-12.266077, -38.962854
2015	37	Ed. Vivant Prime Residence	25	1	Santa Mônica	-12.259571, -38.940277
	38	Ed. Dom Vertical Home	16	1	Santa Mônica	-12.258408, -38.939300
2016	39	Ed. Santa Mônica Residence	18	1	Santa Mônica	-12.266561, -38.940580
	40	Ed. Ville de Mônaco	21	2	Santa Mônica	-12.265689, -38.938156
	41	Ed. Prestige Residence	21	1	Santa Mônica	-12.259998, -38.933734
2017	42	Ed. Palácio de Buckingham	25	1	Santa Mônica	-12.259854, -38.933570
	43	Ed. Maison Beau Rivage	27	1	Santa Mônica	-12.257502, -38.943220
	44	Ed. Magnifique Residence	18	1	Santa Mônica	-12.263862, -38.940635

Nota: (1) Coordenadas decimais do ponto de visualização do empreendimento obtidas através do Google Street View.
Fonte: Dados compilados pelo Autor (2017)

Quadro 15 - Empreendimento identificados com período de conclusão entre 2005 e 2017

A Figura 18 apresenta o mapa com a distribuição espacial, reunindo os resultados para o levantamento dos prédios (categorizados e tabulados) lançados sobre a base cartográfica do *Google Maps* através do aplicativo *My Maps* da Google, usado sistema de cor para classificar os prédios por quinquênio de conclusão.

Uma análise da Figura 18, aponta que a ocorrência dos prédios residenciais acima de 8 pavimento na cidade nas últimas décadas vem acompanhando a concentração de renda cidade, nos bairros do eixo Centro-leste, evidenciando a Avenida Getúlio Vargas como eixo principal de crescimento na cidade, tal como apontado por Santo (2009). Esta área está inserida na chamada Zona 01 de predominância comercial da lei de zoneamento municipal, Lei Complementar Municipal Nº 086, de 24/09/2014 (PMFS, 2014).

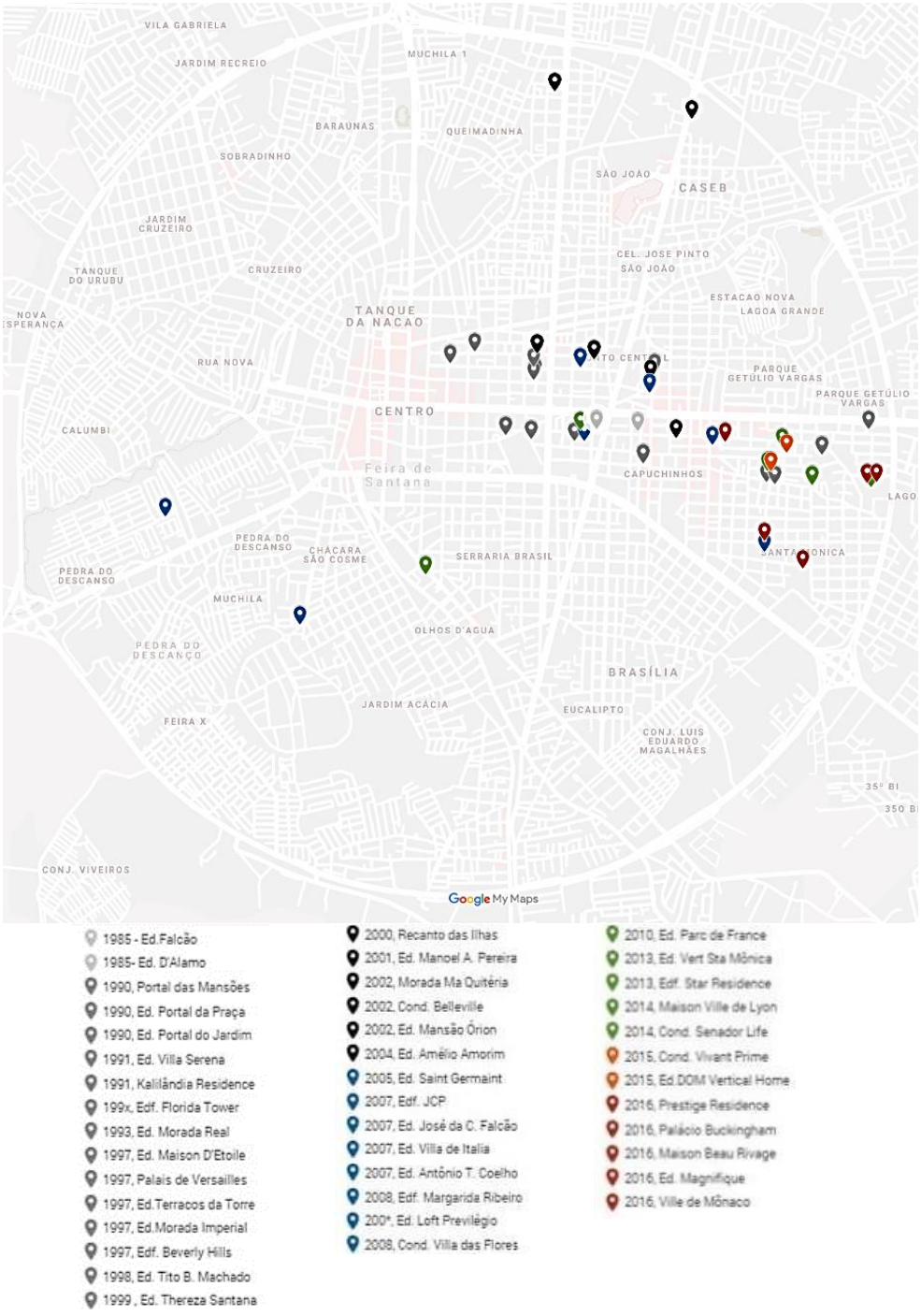


Figura 18 - Localização dos prédios residenciais acima de 8 andares (org. pelo Autor, 2016)

Após a etapa de coleta e validação, foram identificados os bairros a leste do centro da cidade, como aqueles de maior ocorrência de empreendimentos residenciais em construção ou na eminência de serem lançados. A área a leste fica limitada pelo bairro Centro (a oeste) e a Avenida Eduardo Froes da Mota (anel rodoviário municipal), compreendendo os bairros Ponto Central, Parque Getúlio Vargas, Capuchinhos e Santa Mônica, este último parcialmente. No estudo foi considerada a divisão em Santa Mônica I (intra anel rodoviário) e Santa Mônica II (extra anel rodoviário) (Figura 15). Esta área mais ao leste da sede da cidade, é limita por três das quatro maiores avenidas da cidade (Avenida Getúlio Vargas, Avenida João Durval e Avenida Presidente Dutra) principais eixos de crescimento urbano e econômico da cidade.

A escolha do bairro a ser estudado adotou como critério a importância do bairro como região de ocorrência dos empreendimentos em dois recortes temporais, o primeiro considerou o recorte de 1985 até 2016 e o segundo apenas os últimos 10 anos (2005 a 2016). A Tabela 3 apresenta a distribuição por bairro dos 56 prédios (44 empreendimentos) do Quadro 15.

Tabela 3 - Prédios por bairro (1985 a 2017)

Bairro	Prédios	%
Santa Mônica	20	36%
Ponto Central	10	18%
Capuchinhos	5	9%
Kalilândia	5	9%
Centro	3	5%
Muchila	5	9%
Pedra do Descanso	3	5%
CASEB	2	4%
Olhos D'Água	2	4%
Queimadinha	1	2%

Fonte: Pesquisa de campo e consulta a imobiliárias locais

Na Figura 19 observa-se que as maiores ocorrências foram no bairro da Santa Mônica, com 20 empreendimentos (36%); seguido pelo Ponto Central, com 10 (18%); Capuchinhos e Kalilândia, ambos com 5 empreendimentos cada (10%). Se consideramos os bairros a leste (Santa Mônica, Ponto Central e Capuchinhos) estes representam 35 empreendimentos ou 62% do total.

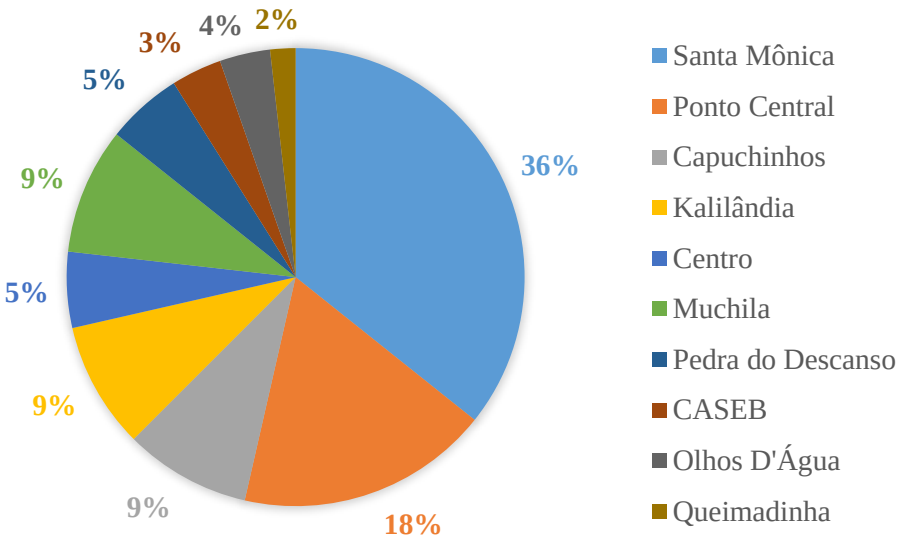


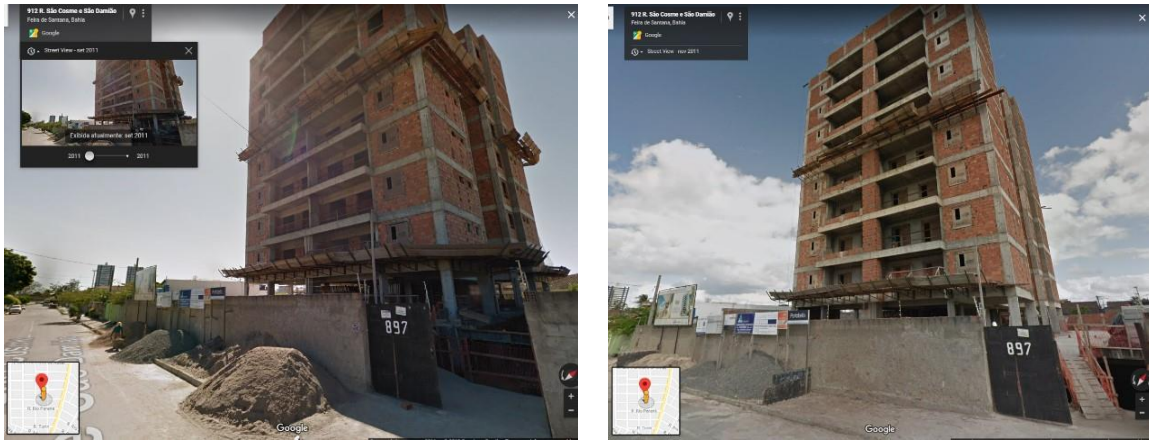
Figura 19 - Distribuição dos prédios identificados por bairro (Autor, 2016)

A Santa Mônica foi o bairro que apresentou a maior atratividade sobre a imobiliárias e construtoras na escolha do local de seus empreendimentos. No período compreendido entre 2005 e 2017, dos 23 empreendimentos residenciais acima de 8 pavimentos, construídos ou em construção, verificou-se que 14 (61%) localizam-se no bairro da Santa Mônica (Quadro 15). No período mais recente, a partir de 2010, dos 13 empreendimentos apenas 1 ocorreu no bairro Olhos D'Água, contra 12 (92%) situados no bairro Santa Mônica.

5.5 Estudo dos impactos através de imagens georreferenciadas

Os primeiros registros de imagens identificados no *Google Street View*, utilizando os empreendimentos como critério, foram de agosto de 2011 e os últimos em janeiro de 2018, logo não foi possível resgatar no sistema imagens dos empreendimentos listados no Quadro 15 que haviam sido entregues antes de 2011.

O empreendimento 32 foi o mais antigo (entregue em 2012) no qual o estudo achou imagem na base do *Street View*. As imagens de setembro e novembro de 2011 (Figura 20) registram armazenamento de agregados na área externa. Outras informações relacionadas aos aspectos ambientais podem ser extraídas, como a manutenção do muro pré-existente como fechamento em vez de tapume (adiando a demolição e reduzindo o consumo de madeira), adoção de sistema em estrutura de concreto, vedação em alvenaria de blocos cerâmicos, e as bandeja de proteção na fachada.

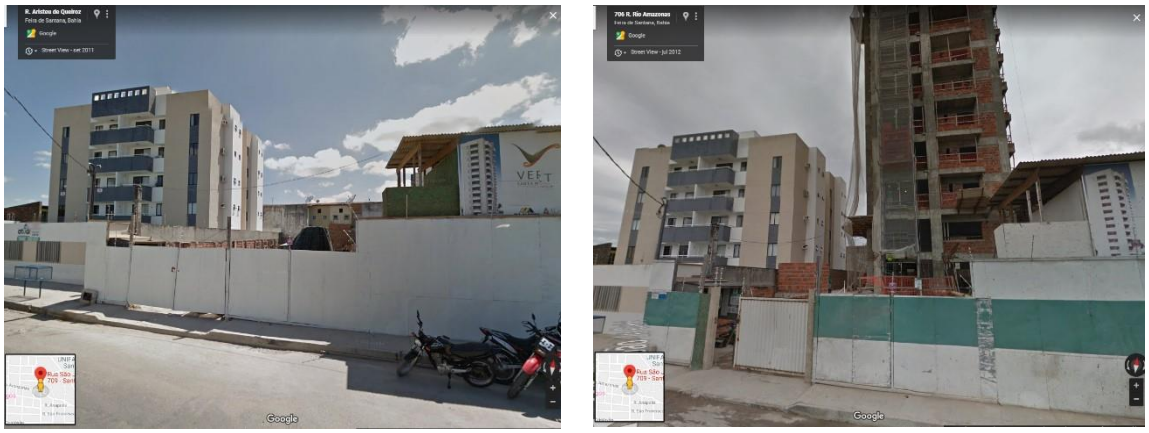


(a) setembro de 2011 (b) novembro de 2011

Figura 20 – Imagens de empreendimento 32 (Google Street View)

No caso do empreendimento 33 o período entre as imagens é maior, permitindo perceber o avanço físico e como este impacta na paisagem urbana (Figura 21). É possível identificar também o tipo de material usado no fechamento da obra, alguns dos sistemas construtivos (estruturas e paredes) e os sistema mecanizados para transporte.

Nas imagens também é possível identificar as instalações provisórias em dois pavimentos e com vedação em chapas de madeira. Na cidade, esta escolha para o tipo de instalação provisória é um padrão para canteiros de edifícios alto e obras com grande ocupação do terreno.

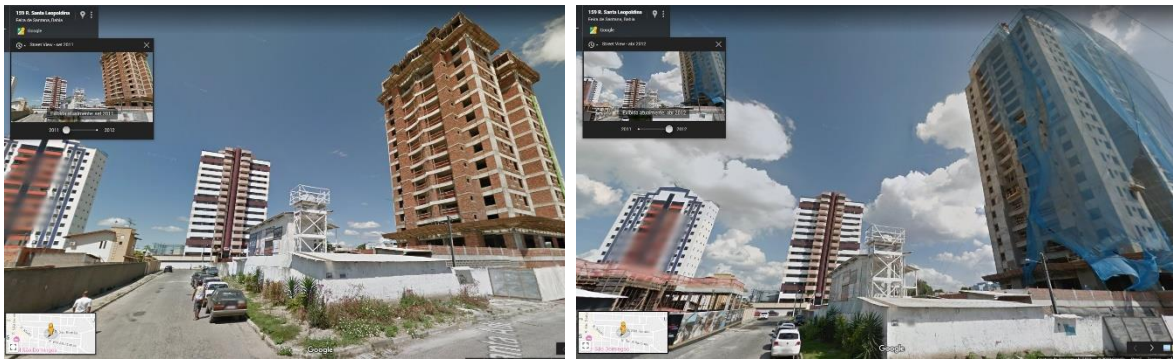


(a) setembro 2011 (b) julho de 2012

Figura 21 – Imagens do empreendimento 33 (Google Street View)

Na Figura 22, além de aspectos já observados nos casos anteriores (empreendimentos 32 e 33), agora pode-se verificar a ocorrência de dois canteiros de grande porte na mesma rua. Em setembro de 2011, não se percebe maior movimentação no terreno da obra 37, porém em abril e 2012 o canteiro já tinha iniciado suas atividades com as lajes iniciais já executadas. Enquanto isso, a execução das últimas lajes da obra 34 já havia sido concluída em abril de

2012, tendo já sido retiradas as bandejas e proteção, e adicionado duto vertical na lateral norte para coleta dos resíduos gerados pelos rasgos nas alvenarias para embutir tubulações.



(a) setembro de 2011 (b) abril de 2012, com o início da obra 37

Figura 22 – Imagens do empreendimento 34 (Google Street View)

Um levantamento preliminar antes do início do doutorado (na fase de formatação da pesquisa) também gerou algumas imagens, posteriormente complementadas durante a pesquisa. Assim, foi possível para aquelas obras entre 2013 e 2017 comparar as imagens da pesquisa com imagens do Street View. Um exemplo, a imagem de julho de 2012 do Street View e julho de 2013 da pesquisa de campo mostra o avanço físico da obra 37, evidenciando também o uso da via para carga e descarga, de concreto por caminhão betoneira em julho de 2012 e de materiais de acabamento em julho de 2013 (Figura 23).

(a) julho de 2012, caminhão betoneira e lança estacionados na via pública (Street View)

(b) julho de 2013, caminhão estacionado na via e descarregando caixas de piso (Autor, 2013).

Figura 23 – Imagens do empreendimento 34 e 37

No caso da obra 36 no *Street View* constam 4 imagens do período (setembro de 2011 e junho, julho e outubro de 2012). No registro de setembro de 2011 identifica-se a fase de cravamento das estacas pré-moldadas para fundação, etapa associada a geração de ruído e vibração na vizinhança imediata (Figura 24).

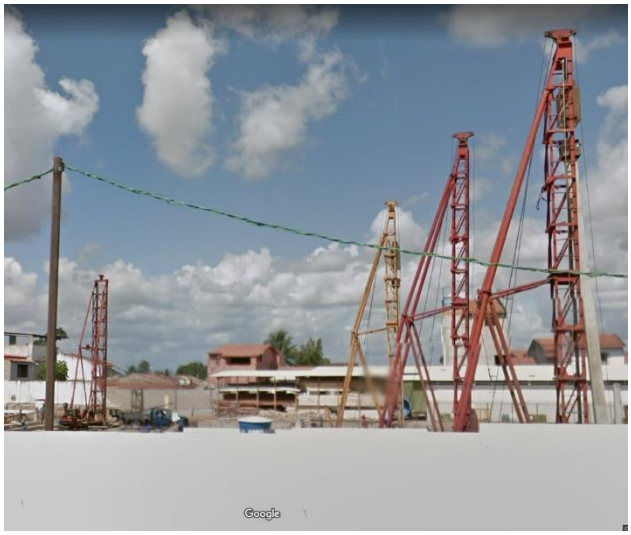
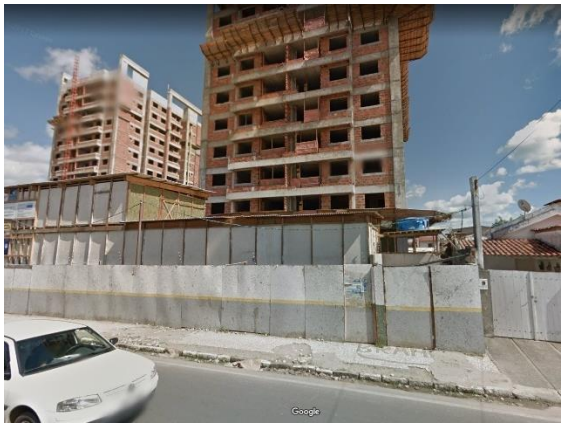
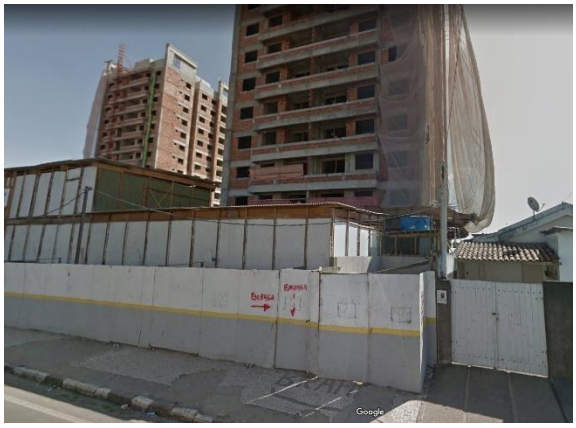


Figura 24 – Imagens da execução das fundações canteiro 36 em set/2011 (Street View)

A partir das imagens de julho de 2012 e outubro pode-se inferir o avanço físico no período, bem como constatar o uso de alguns sistemas construtivos (e.g., estruturas em concreto e vedação em alvenaria), sistema de movimentação (elevador cremalheira) e sistemas de proteção (bandeja principal e secundária na fachada, e tela de proteção) (Figura 25). Estes diversos sistemas estão associados a aspectos ambientais, tais como consumo de materiais, geração e resíduos, ruído e trabalho em altura.



(a) julho de 2012



(b) out de 2012.

Figura 25 – Imagens do empreendimento 36

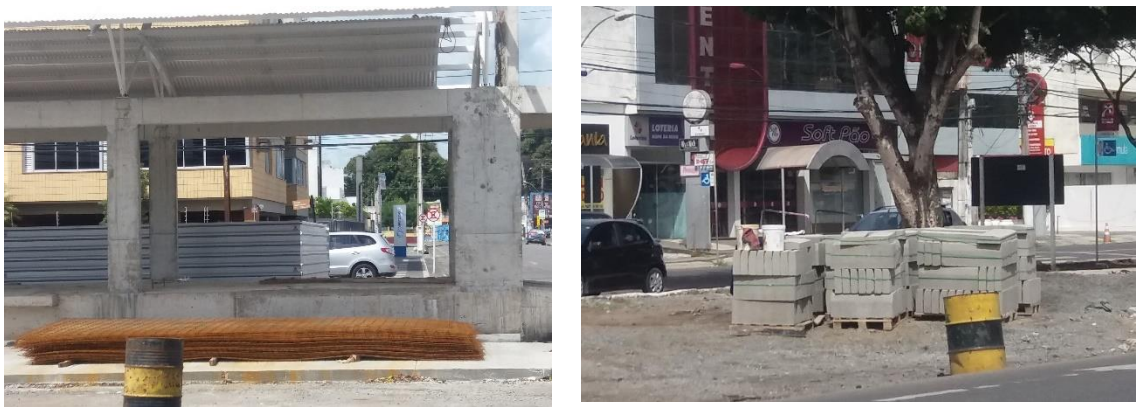
O recorte da pesquisa teve como objeto os canteiros de obras de empreendimentos de edifícios residenciais acima de 8 pavimento. Todavia, os aspectos e impactos da construção na cidade tem uma rede de fontes geradoras diversas, desde pequenas obras residenciais em regime de autogestão ou autoconstrução até grandes obras urbanas. Um exemplo é o processo de construção do sistema BRT, sob a responsabilidade de construção por empresa privada e sob a fiscalizado de representantes do poder municipal. A análise das imagens permite

identificar os materiais usados no fechamento (tapume), existência de banheiros químicos. Em uma das estações, por exemplo, uma imagem de abril de 2016 apresentava o tapume limitando o canteiro, entretanto em foto de campo em julho de 2016 contata-se que o tapume foi retirado antes da conclusão da obra (Figura 26).

(a) abril/2016 Street View (b) julho de 2016. (Autor, 2016)

Figura 26 – Imagens de estação do BRT (-12.255700, -38.947247)

Em outra estação do BTR foi verificada a disposição de materiais sem proteção para os pedestres. Armazenamento de tela soldada para aplicação no pavimento de concreto e guias pré-moldadas para meio fio podem ser observadas na Figura 27.



(a) agosto/2016 (Autor, 2016) (b) agosto/2016. (Autor, 2016)

Figura 27 – Imagens de estação do BRT (-12.255540, -38.956068)

Os diversos serviços de construção bem como a distribuição de materiais e coleta de resíduos geram a circulação dos veículos e máquinas no centro urbano (Figura 28). De fato, algumas das imagens coletadas durante o levantamento indicam a movimentação de terra (escavação, espalhamento e aterro), em uma das imagens a área foi delimitada por cones.

(a) máquina na área do BRT em novembro/2016 (Autor, 2016)

(b) máquina no passeio em dezembro/2016 (Autor, 2016)

Figura 28 – Uso de máquinas de movimentação de terra no centro urbano.

Um fato comum na cidade é o armazenamento de materiais diretamente na frente das lojas e, em alguns casos, ocupando parte do passeio. Este tipo de armazenamento irregular é muito comum nas lojas de materiais, telhas e blocos cerâmicos e nas madeireiras, artigos de alta rotatividade e com baixo valor agregado por unidade (Figura 29).

(a) armazenamento de telha cerâmicas novembro/2016 (Autor, 2016)

(b) armazenamento de telha cerâmicas paletizadas novembro/2016 (Autor, 2016)

Figura 29 – Armazenamento de telhas na frente das lojas.

Algumas áreas da cidade concentram serviços de uma mesma natureza, o que facilita o acesso de compradores, entretanto esta concentração pode potencializar alguns incômodos. Um dessas áreas é a denominada “Feira da Madeira” que reúne diversas madeireiras e lojas de telhas cerâmicas. A Figura 30 apresenta trecho da região conhecida como “Feira da madeira”, no qual se percebe caminhões estacionados nas vias e uma grande ocupação do passeio por telhas e por seus resíduos.

Fonte: Street View set/2011 (-12.263960, -38.953543)

Figura 30 – Imagem da chamada "Feira de Madeira"

5.6 Conclusões do capítulo

Este capítulo levantou um panorama dos aspectos e impactos ambientais gerados por canteiros de obras no centro urbano da cidade de Feira de Santa. O estudo fez um levantamento do sistema de gestão municipal seguido da análise de imagens georreferenciadas utilizando ferramentas como o Google Maps e o Google Street View, além de registro fotográfico e observação de campo.

O sistema regulatório municipal vem sendo aperfeiçoado com a promulgação ao final de 2018 de novas versões do PDDU, lei de uso de solo, código de obras e código de meio ambiente, além da nova política de resíduos sólidos de 2017. Todavia, o município ainda não conta com sistema de informações municipais de fácil acesso e com cadastro territorial, o que limita a ação pública e a participação a comunidade.

O estudo aplicou uma ampla coleta de dados de prédios residenciais a partir de 8 pavimentos, identificando 56 prédios em 47 empreendimentos na área urbana, todos de médio ou alto padrão. A grande maioria ocorreu em bairros centrais mais valorizados devido a melhor infraestrutura e oferta de serviço, enquanto os residenciais de menor porte e os empreendimentos mais populares são distribuídos na periferia com menor infraestrutura.

A baixa qualidade na divulgação de dados urbanos verificada na gestão pública também foi constatada na divulgação de dados do mercado de construção. O sistema de divulgação e dados pelo CREA ainda é limitado a dados cadastrais dos profissionais e empresas de construção, não divulgando dados dos empreendimentos que poderia ajudar a sociedade a acompanhar as modificações da malha urbana em seus bairros. O sistema disponibilizado pela FIEB apresenta uma interface mais amigável que permite refinar os resultados através

de critérios de busca. Uma comparação entre dados do sistema CREA e FIEB mostra algumas divergências nos perfis de cadastro. Uma parceria entre as duas organizações, compartilhando dados, poderia aperfeiçoar a qualidade da informação da construção, auxiliando planejadores e empresas a melhorar seu desempenho ambiental e econômico.

Os resultados do estudo dos aspectos ambientais a partir de imagens georreferenciadas evidenciam os possíveis ganhos para a gestão urbana se fosse implementada uma melhoria dos sistemas de informações da construção. Neste sentido, a estratégia adotada de usar imagens do *Street View* se mostrou de fácil implementação e de baixo custo, aproveitando sistemas já existentes como o Google Maps e Google Street View ou investimento em um sistema próprio como existem em outras cidades.

Este uso de imagens georreferenciadas permite diversas aplicações desde a análise preliminar dos aspectos ambientais, como aplicado neste capítulo, até outros usos como apoio a fiscalização de obras de poder público. Outra aplicação possível seria para treinamento de profissionais e estudantes em gerenciamento de obras e planejamento de canteiro, considerando a análise de imagens georreferenciadas para identificar as interações das obras com o entorno, em temas como fechamento (tapume), circulação de veículos e máquinas, carga e descarga de materiais, e trabalho em altura. Ainda poderia ser aplicada como apoio para estudo e seleção de sistemas construtivos. Na área de educação o estudo não precisava se limitar a imagens locais, permitindo compreender sistemas construtivos em outras cidades e países, complementando o aprendizado formal em sala de aula, visitas de campo e o estágio.

A análise dos resultados permitiu constatar a prevalência de escolhas construtivas, como tapume em madeira (e eventualmente em telha metálica), estrutura convencional em concreto armado e vedação em alvenaria de blocos. Ao mesmo tempo, também foram verificados problemas recorrentes de armazenamento irregular sobre o passeio. Outra estratégia aplicada no estudo que merece ampliar sua adoção é a indicação das coordenadas geográficas nas imagens da coleta de campo (dados primários) incorporando as imagens dos sistemas georreferenciados. Um aspecto que merecia um maior aprofundamento seria ampliar o modelo autor/data adotado como padrão de citação de imagens pela Associação Brasileira de Normas Técnicas para um modelo autor/data/coordenadas geográficas. Esta mudança poderia não apenas aumentar a confiabilidade de dados de campo (permitindo uma verificação do local da coleta) como também ampliar a sua abordagem contextualizando o local de coleta no entorno substituindo uma imagem estática do objeto por uma visualização dinâmica do objeto em diferentes perspectivas e períodos.

6 PRÁTICAS CONSTRUTIVAS E SUA INFLUÊNCIA NOS ASPECTOS AMBIENTAIS DE CANTEIROS DE OBRAS

6.1 Considerações preliminares

Este capítulo apresenta os resultados da caracterização e análise das práticas construtivas quanto aos aspectos e impactos ambientais em 4 canteiros de obras na Feira de Santana. O estudo atende a seguinte questão e objetivo específico:

Questão 5: Como as escolhas de projeto e das atividades construtivas alteram a intensidade dos aspectos ambientais?

Objetivo específico 5: Analisar como as escolhas dos sistemas construtivos podem interferir na geração e intensidade dos aspectos ambientais.

O recorte limitou o estudo dentro do segmento de edifícios residenciais. Neste sentido foi implementado um estudo de caso de 4 empreendimentos na cidade de Feira de Santana. Adicionalmente, o estudo utilizou algumas metodologias de avaliação de desempenho ambiental da construção para avaliar sua aplicabilidade. Os resultados obtidos visam identificar pontos positivos e lacunas nos modelos adotados como referência e selecionar critérios para a construção do método de previsão de aspectos ambientais, adequando-o ao contexto local.

6.2 Metodologia do capítulo

A Figura 31 resume o fluxo das atividades implementadas para coleta e análise das práticas construtivas e aspectos ambientais gerados pelos canteiros de obras selecionados.

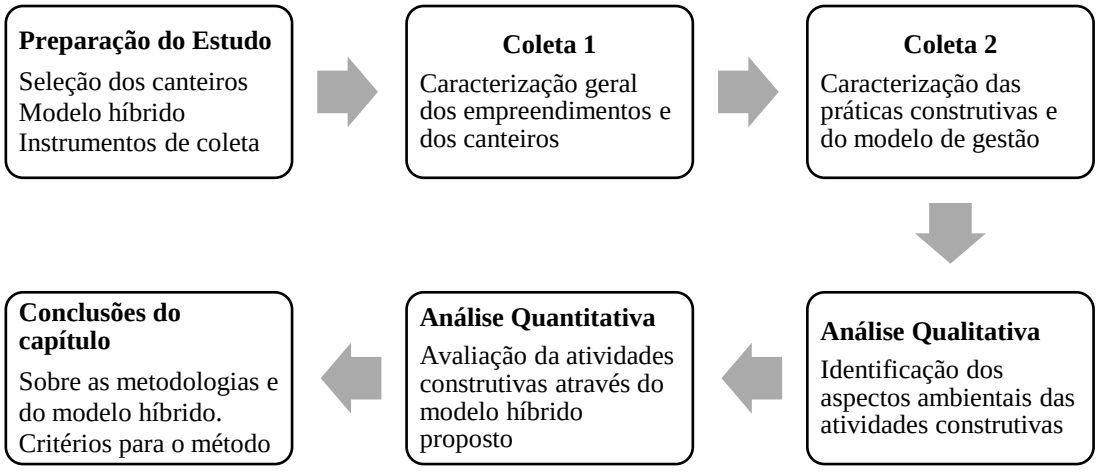


Figura 31 – Etapas e fluxo de atividades para o estudo de caso

A seleção dos canteiros para análise foi feita entre aqueles 5 empreendimentos residenciais acima de 8 pavimento em construção no bairro da Santa Mônica identificados no levantamento do capítulo anterior (Tabela 4). Um contato inicial foi feito com as construtoras e/ou incorporadoras, sendo que um deles (Canteiro 5) foi descartado porque estava com as obras interrompidas. Nos outros 4 empreendimentos, após apresentação da proposta da pesquisa, as construtoras deram anuência para acesso aos canteiros e coleta.

Tabela 4 - Canteiros identificados no levantamento preliminar (Autor, 2016).

Canteiro de Obras	Ano de conclusão (1)	Bairro	Número de pavimentos (3)	Construtora
C1	2017	Santa Mônica	29 (25/1/3)	Empresa 1
C2	2016	Santa Mônica	23 (20/1/2)	Empresa 2 (4)
C3	2017	Santa Mônica	28 (25/2/1)	Empresa 2 (4)
C4	2017	Santa Mônica	23 (18/2/3)	Empresa 3
C5	NI (2)	Santa Mônica	24 (20/1/3)	Empresa 4

(1) Conforme cronograma das empresas. (2) NI – não informado, empreendimento estava paralisado e a empresa não retornou o contato. (3) Número de pavimentos totais (pavimento tipo/playground/ garagem. (4) A Empresa 2 é responsável pelos canteiros B e C, entretanto as equipes de campo são diferenciadas.

A coleta de dados foi implementada em dois momentos entre setembro de 2016 e março de 2017 de acordo com a sequência proposta no formulário F01 - Roteiro da Coleta de Dados (Apêndice 2) e demais formulários como descrito no Quadro 16.

A primeira etapa (Coleta 1), para a caracterização geral do empreendimento e do canteiro, foi feita através da coleta e análise dos projetos da construção, registro fotográfico e aplicação de formulário de caracterização do canteiro. Na sequência foram identificados o modelo de gestão e as práticas de construção dos canteiros através de observação de campo, entrevista da equipe técnica, coleta de informações sobre a estrutura de gestão e seus instrumentos, a exemplo do cronograma físico com os quantitativos de serviços.

A caracterização do canteiro foi realizada nos 4 empreendimentos. Entretanto, a identificação das práticas de construção só foi aplicada nos canteiros C1 e C2, pois os empreendimentos C3 e C4 sofreram alterações nas equipes de gestão e no cronograma da obra que resultaram na suspensão da coleta de dados (Quadro 16).

Formulários de coleta de dados	Canteiros			
	C1	C2	C3	C4
Caracterização Geral				
F01 – Roteiro da coleta de dados (Apêndice 2)	X	X	X	X
F02 – Caracterização da Empresa (Apêndice 3)	X	X	X	X
F03 - Caracterização do Empreendimento (Apêndice 4)	X	X	X	X
F04 - Roteiro de Registro Fotográfico (Apêndice 5)	X	X	X	X
Gestão e Práticas Construtivas				
F05 - Equipe da Obra (Apêndice 6)	X	X	(1)	(2)
F06 – Práticas Construtivas e Aspectos Ambientais (Apêndice 7)	X	X	(1)	(2)
F07 – Cadeia de Suprimentos – Fundações (Apêndice 8)	X	X	(1)	(2)
(1) A construtora suspendeu a coleta de dados da segunda etapa. (2) A coleta foi suspensa devido a mudança na construtora responsável.				

Fonte: organizado pelo Autor

Quadro 16 – Instrumentos de coleta de dados aplicados sobre os canteiros selecionados

6.2.1 Caracterização geral

Segundo dados disponíveis no Guia Industrial da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB) (http://www.fieb.org.br/guia/), as empresas responsáveis pelos canteiros atuam no mesmo segmento de construção civil e incorporação, entretanto possuem diferenças quanto ao número de funcionários, capital social e tempo de atividade (Quadro 17).

	Empresa 1 - E1	**Empresa 2 - E2**	**Empresa 3 - E3**
Canteiros Estudados	C1	C2 e C3	C4
Código CNAE (1)	F4120400 (3)	F4120400	F4299599
Descrição CNAE (1)	Construção de edifícios (3)	Construção de Edifícios	Outras obras de engenharia civil não especificadas anteriormente
Lista de produtos (1)	Construção Civil e incorporadora (3)	Construção civil e incorporadora	Construção civil
Lista de insumos (1)	NI	Areia, bloco, brita, ferro e tinta	Areia, brita, cimento, ferro, tinta
Número de funcionários (1)	NI	390	52
Município (1)	Feira de Santana	Feira de Santana	Feira de Santana
Capital Social (2) em reais	200 000	2 000 000	40 000
Tempo de atividade (3)	26 anos	12 anos	5 anos

NI – Não informado. CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas definida pela Comissão Nacional de Classificação (CONCLA) presidida pelo IBGE.
Fontes: (1) Guia Industrial da FIEB. (2) Sítio eletrônico do CREA-BA. (3) Empresa pesquisada.

Quadro 17 - Perfil das Empresas dos canteiros selecionados

A caracterização física dos canteiros: adotou como referencial o modelo proposto pela HABITARE na série "Recomendações Técnicas" em seu volume 3 "Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos" (SAURIN; FORMOSO, 2006), compreendendo um diagnóstico com lista de verificação, estudo do croqui e registro fotográfico. Entre os

aspectos que constam da metodologia foram observados a tipologia das instalações provisórias, áreas de vivência e apoio, acessos, armazenamento e movimentação entre outros. Entre os procedimentos adotou-se a análise documental, observação de campo e o registro fotográfico das instalações do canteiro.

6.2.2 Análise da gestão e práticas construtivas

a) Caracterização do modelo de gestão e identificação dos aspectos ambientais

O estudo identificou, através da aplicação de entrevista do engenheiro da obra (Apêndice 7) e coleta em formulário, o modelo de gestão do canteiro e os agentes envolvidos segundo a função: gestão da obra e equipe técnica, equipe de produção e serviços administrativos e de apoio. O levantamento dos aspectos ambientais, além da entrevista semiestruturada já citada (Apêndice 7), também contou com observação de campo e registro fotográfico.

Os entrevistados foram os engenheiros responsáveis técnicos das respectivas obras. Além da formação em engenharia comum a todos, o engenheiro do Canteiro 2 também possui especialização em gestão da construção e o engenheiro do Canteiro 4 possui especialização em engenharia de segurança. Algumas informações foram complementadas por outros agentes, como a equipe técnica da consultoria em gestão e os técnicos de segurança das obras.

A entrevista abordou 9 tópicos: a) processo de preparação do terreno; b) tapume e instalações provisórias; c) armazenamento e consumo de materiais; d) gerenciamento da produção; e) gerenciamento de resíduos; f) infraestrutura local (cadeia de fornecedores e serviços públicos); g) informação e comunicação interna; h) comunicação e transparência com a comunidade; i) sustentabilidade e inovação.

b) Critério de análise e modelo de avaliação do desempenho

O estudo utilizou um modelo híbrido de avaliação de desempenho. Inicialmente o modelo adotou como base dois instrumentos de avaliação de desempenho das atividades construtivas, um nacional e outro internacional. Na sequência, o modelo de base foi ajustado através da análise preliminar dos dados empíricos obtidos do canteiro1.

O instrumento nacional escolhido foi a “Matriz de avaliação de impactos” proposta pelo guia “Levantamento do Estado da Arte: Canteiro de Obras” (CARDOSO; ARAUJO, 2007) da série de estudos sobre “Habitação mais Sustentável” conduzido pela USP junto com outras universidade e instituições. A busca em estabelecer correlações entre atividades construtivas e os aspectos ambientais como proposto por Cardoso e Araújo (2007) também está presente em outros estudos publicados pelo grupo de pesquisa da USP (ARAUJO, 2009; CARDOSO;

ARAUJO, 2004; DEGANI; CARDOSO, 2004; FIORANI, 2016). A referência internacional foi a "Metodologia para previsão da severidade de impactos ambientais relacionadas com o processo de construção de edifícios residenciais" (GANGOLELLS et al., 2009) do *Group of Construction Research and Innovation* (GRIC) da Universidade Politécnica da Catalunha.

Ambos os instrumentos abordam o problema segundo a relação "atividade construtiva x aspecto ambiental x impacto ambiental", entretanto utilizam critérios e métricas próprios para identificar e avaliar os aspectos ambientais e para estabelecer a relevância de cada atividade construtiva na sua geração. O Guia proposto por Cardoso e Araújo (2007) analisa os aspectos e impactos ambientes segundo quatro temas: a) infraestrutura dos canteiros; b) recursos, c) resíduos, e d) incômodos e poluição. A metodologia de Gangolells et al (2009), por sua vez, propõe uma avaliação orientada pelos processos, considerando o conjunto de 9 temas do *Eco-management and audit scheme* (EMAS) (EUROPEAN COMMISSION, 2013a, 2013b): a) emissões para a atmosfera; b) emissões para o meio aquático; c) resíduos; d) utilização de recursos naturais e de matérias-primas; e) questões locais (ruído, vibrações, odores); f) utilização de solos; g) emissões para a atmosfera ligadas às atividades de transporte; g) riscos de acidentes ambientais e de situações de emergência; e h) efeitos na biodiversidade.

Na matriz de avaliação de Cardoso e Araújo os aspectos e impactos sãos analisados segundo a magnitude e importância (permanência, reversibilidade, cumulatividade e sinergismo), classificando-os em impacto presente ou mais relevante. Na metodologia de Gangolells et al (2009), a definição da significância é mais complexa, segundo 3 variáveis: a) probabilidade de ocorrência (P); duração do impacto (D) e escala do impacto (S). Os valores obtidos pela agregação destas 3 variáveis definem a denominada "severidade do impacto ambiental" de uma dada atividade *i* em uma escala numérica, compreendendo: impacto não existente (SV*i* = 0); impacto não significativo (SV*i* = 1); impacto marginalmente significante (SV*i* = 2); e impacto extremamente significante (SV*i* = 3).

Outros instrumentos também apresentam escalas para avaliação de aspectos e impactos gerados por canteiros de obras. Um desses casos é a Matriz de Avaliação dos Impactos de Vizinhança proposta por Lollo e Rohm (2005), na qual os impactos são classificados quanto a natureza (positivo ou negativo), ordem (diretos e indiretos), magnitude (baixa, média e alta) e duração (permanente ou temporário) (LOLLO; ROHM, 2005).

Uma análise comparada entre o guia de Cardoso e Araújo (2007), a metodologia de Gangolells et al (2009) e os resultados da pesquisa de campo do canteiro 1 resultou na seleção

de um conjunto de 14 aspectos ambientais reunidos em 5 temas (consumo de recursos, resíduos, poluição e incômodos, uso e ocupação do solo, e segurança e saúde) (Quadro 18).

Os aspectos ambientais foram analisados segundo três características: a) magnitude; b) riscos e danos associados; e c) medidas de controle e mitigação. A variável magnitude, foi definida como a intensidade de um determinado aspecto ambiental, medida segundo uma escala de atributos adaptada do modelo do EMAS (EUROPEAN COMMISSION, 2013a, 2013b). Adicionalmente, para compreender a capacidade desses aspectos gerarem impacto, o estudo considerou o grau de riscos e danos associados aos aspectos ambientais, bem como as medidas disponíveis nos canteiros para controlar e mitigar estes impactos (Figura 32).

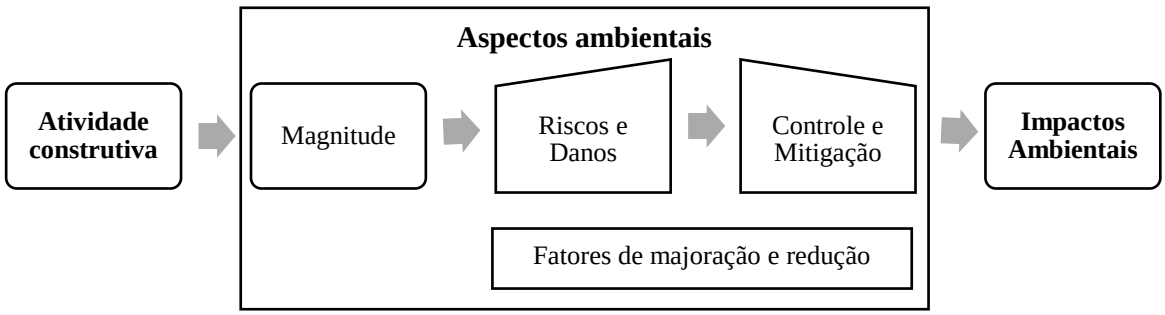


Figura 32 – Quadro de análise das atividades construtivas - EMAS (European Commission, 2013)

Afim de permitir a agregação e posterior comparação dos resultados foi associada uma escala de valores para a magnitude (baixo=1, médio/relevante =2 e elevado=3), sendo que nos casos de inexistência ou irrelevância do aspecto em uma determinada atividade, o valor atributo foi definido como nulo ou irrelevante de valor numérico igual a 0 (zero) (Quadro 18). Assim, o grau da variável "magnitude" foi definido como a intensidade de ocorrência do aspecto ambiental na atividade construtiva, utilizando indicadores como consumo (direto ou indireto) e frequência (eventual, regular, intensa). A dimensão risco aborda as possíveis interações negativas dos aspectos ambientais com os agentes envolvidos, o entorno e o meio ambiente. E por fim, a dimensão controle refere-se ao sistema observado nos canteiros quanto as tecnologias disponíveis para controlar ou mitigar a magnitude e o risco, considerando o contexto local (o perfil da organização e a disponibilidade de tecnologia e pessoal).

Aspectos (1)	Magnitude/Frequência (M) (1)	Condições a observar	
		Risco de gerar dano ambiental, dano ocupacional ou incômodo (R)	Controle e Mitigação (C)
Consumo			
Consumo de recursos naturais minerais Consumo de madeira Consumo de recursos industrializados (exceto madeira)	1 = Consumo indireto 2 = Consumo direto relevante 3 = Consumo direto e elevado	a) tipo de risco de dano associado: ambiental, ocupacional ou a vizinhança. b) material a manipular quanto a natureza (inerte, volátil), ao risco (ergonômico, físico, químico) e ao desempenho ambiental (reutilizável, reciclável ou de difícil descarte)	Tipo de controle: a) na fonte, no processo ou fim de tubo; b) sistemático ou eventual; c) autocontrole ou supervisionado.
Consumo de água	1= Consumo indireto baixo 2 = Consumo direto relevante 3 = Consumo direto alto	a) perdas e águas residuais b) uso de água subterrânea sem monitoramento	Tipo de controle: a) na fonte, no processo ou fim de tubo; b) direto ou indireto; c) sistemático ou eventual; d) autocontrole ou supervisionado.
Consumo de energia		a) risco de perturbação da rede em função da potência instalada; b) uso de gerador a combustão	
Resíduos			
Geração de resíduos perigosos Geração de resíduos recicláveis ou vegetação	1 = Geração baixa 2 = Geração relevante 3 = Geração elevada	a) tipo de risco de dano associado: ambiental, ocupacional ou a vizinhança. b) material a manipular quanto a natureza (inerte, volátil), ao risco (ergonômico, físico, químico) e ao desempenho ambiental (reutilizável, reciclável ou de difícil descarte)	Quanto as etapas atendidas: seleção, armazenamento temporário, coleta, reuso/reciclagem e descarte.
Poluição			
Circulação de veículos e máquinas	1 = Demanda baixa 2 = Demanda relevante (transporte, corte e impacto) 3 = Demanda elevada (transporte, corte e impacto)	Grau de risco ocupacional e de incômodos à vizinhança segundo: a) tipo de máquina (corte, impacto, transporte); b) risco de dano (alto, médio ou alto); c) proximidade do local da atividade em relação a vizinhança.	Tipos de controle quanto a: a) sinalização (visual e sonoros); b) grau de separação física; c) sistema de supervisão.
Emissão de poeira e particulados Emissão de ruído e vibração	1 = Emissão baixa 2 = Emissão relevante 3 = Emissão alta		Tipos de controle: a) controle na fonte com atuação; b) controle indireto da geração com atenuação limitada; controle precário sem medidas de atenuação.
Uso do solo			
Movimentação de solo - limpeza	1 = Baixo, área até 250 m² 2 = Médio, área acima de 250 e até 1.000m² 3 = Alta, área acima de 1.000m²	Grau de risco à estabilidade do solo em função do volume (baixo, médio e alto) e da profundidade (abaixo ou maior que 2m) do solo escavado, bem como a proximidade das construções vizinhas.	Graus de separação física e interação com outras atividades: a) com separação de outras atividades e do entorno construído; b) concomitante com atividades ou na divisa com o entorno construído; c) concomitante com atividades e na divisa com o entorno construído
Armazenamento de agregados e resíduos Armazenamento de manufaturados	1 = Baixo (volume e ciclo) 2 = Médio (volume e ciclo) 3 = Elevado (volume e ciclo)	Risco de ocupar o passeio (baixo, médio ou alto)	Tipo de armazenamento adotado: a) armazenamento coberto; b) descoberto com cobertura temporária (lona plástica); c) armazenamento a céu aberto e sem cobertura temporária. Outras formas de mitigação de poeiras como aspersão de água.
Segurança e saúde			
Trabalho com veículos e máquinas de grande porte	1 = Baixa (indireto e eventual) 2 = Média (direto e eventual) 3 = Elevada (direto e regular)	Risco de acidente em função do grau de exposição e do dano.	a) Separação física das atividades b) Média interação com atividades ou média intensidade c) Execução concomitante com outras atividades e alta intensidade.
Trabalho em altura		Risco de queda em função da atividade e local: a) trabalho em laje fixa; b) trabalho em bandeja fixa; c) trabalho em plataforma móvel	Uso de medidas de proteção: coletiva (barreiras físicas, redes de proteção, plataformas; sinalizações) e individuais (cinto, capacete)
(1) Adaptado de Cardoso e Araújo (2007), Gangolells (2009) e EMAS (2013).			

Quadro 18 – Quadro para análise dos aspectos ambientais gerados nos canteiros de obras.

Na sequência, os valores obtidos da magnitude para cada relação atividade versus aspecto foram agregados para determinação dos valores globais por atividade construtiva e por aspecto ambiental.

O valor global de uma dada atividade ($G1_i$), igual a somatória das magnitudes (m_{ij}) para os diferentes aspectos ambientais (de 1 a 15) (Quadro 18), foi obtido pela seguinte expressão:

$$G1_i = \sum_{j=1}^{15} m_{ij} \quad (1)$$

O valor global de um dado aspecto ambiental ($G2_j$), igual a somatória das magnitudes (m_{ij}) geradas pelas diversas atividades (de 1 a 25), foi obtido pela expressão:

$$G2_j = \sum_{i=1}^{25} m_{ij} \quad (2)$$

Para facilitar a comparação, estes valores globais foram normalizados, segundo a razão entre o valor obtido na Equação (1) e Equação (2), considerando os seus respectivos valores máximos possíveis:

$$is_i = \frac{G1_i}{G1_{i,max}} \quad (3)$$

$$ia_i = \frac{G2_i}{G2_{i,max}} \quad (4)$$

Onde: O is_i é o índice do sistema construtivo i, igual a razão entre a soma dos pontos dos aspectos ambientais de um serviço i ($G1_i$) e a soma total possível ($G1_{i,\,max}$) considerando seus valores máximos (15 aspectos x 3 pontos/aspecto = 45 pontos). O is_a é o índice do aspecto ambientais i, igual a razão entre a soma dos pontos das contribuições dos diferentes sistemas construtivos sobre um mesmo aspecto ambiental i ($G2_i$) e a soma total possível ($G2_{i,\,max}$) considerando seus valores máximos (25 atividades x 3 pontos/atividade = 45 pontos).

6.3 Caracterização das empresas e empreendimentos selecionados

6.3.1 Descrição dos empreendimentos

A Tabela 5 reúne as características básicas dos projetos de cada canteiro. Os quatro empreendimentos são para uso residencial com apartamentos de médio a alto padrão. Os empreendimentos 1 e 2 são semelhantes com apartamentos de padrão médio-alto, 2 unidades por pavimento tipo e com 3 vagas de garagem por moradia. O empreendimento 3 é o mais exclusivo com unidades imobiliárias de alto padrão (uma por andar), grande área construída

privativa e entre 4 e 5 vagas por unidade. O empreendimento 4 possui os apartamentos com menor área privativa, sendo 4 por andar e entre 2 e 3 vagas por unidade imobiliária.

Tabela 5 - Descrição do projeto de cada amostra do estudo de caso

Característica	CS1	CS2	CS3	CS4
1. Gerais				
Padrão das moradias (apartamento) (1)	médio-alto	médio-alto	alto	médio
Número de moradias por piso	2	2	1	4
Total de moradias	50	40	25	72
Número de pisos totais	29	23	28	23
Nº de pisos de moradias	25	20	25	18
Nº de pisos de playground	1	1	2	2
Nº de pisos de garagem (2)	3 (2;1)	2 (1;1)	1 (0;1)	3 (3;0)
Estágio da obra (na coleta)	Superestrutura	Revestimento	Superestrutura	Fundações
2. Áreas e padrões urbanísticos				
Área do terreno (m²)	1 844.62	2 210.74	4 334.59	1 675.00
Área privativa do apartamento (m²)	148.31	141.18	315.87	110.96
Área construída total (m²)	15 448.11	12 906.05	13 321.95	14 435.08
Área dos pisos de apartamento (m²)	10 005.25	7 548.60	8 747.25	8 814.24
Área dos pisos de uso comum (m²)	1 774.98	1 792.43	1 390.72	946.85
Área dos pisos de estacionamento (m²)	3 667.88	3 565.02	3 183.98	4 452.18
Índice de utilização informado (3)	3.89	3.41	1.94	(5)
Índice de ocupação informado (4)	0.27	0.18	0.21	(5)
Índice de permeabilidade informado	0.20	0.20	0.20	(5)
Índice de utilização calculado (6)	8.37	5.84	3.07	8.62
Índice de ocupação calculado (7)	0.75	0.81	0.73	0.89
3. Estacionamento				
Vagas totais	153	140	115	185
Vagas de uso privativo	150 (98%)	133 (95%)	115 (85%)	181 (98%)
Vaga para visitantes	3 (2%)	7 (5%)	21 (15%)	4 (2%)
Média de vagas por apartamento	3.0	3.5	4.6	2.5

(1): Adotado média do mercado local (em reais): médio, 600 mil; médio-alto, 1.5 milhão; alto, 3 milhões.
(2): Pisos de garagem totais (acima do nível do passeio; no subsolo).
(3): Razão entre a área construída do pavimento tipo (apartamentos) e a área do terreno.
(4): Razão entre a área projetada do pavimento tipo (apartamentos) e área do terreno.
(5): A construtora não forneceu a planta de situação, apenas as demais plantas de arquitetura.
(6): Relação entre a área construída total (comum e privativa) e área do terreno.
(7): Relação entre a área horizontal projetada (inclusive do pavimento garagem) e área do terreno
Fonte: Análise dos projetos de arquitetura.

Os primeiros pavimentos reúnem as garagens e playground e acima destes eleva-se o bloco central dos pavimentos tipo. O uso do subsolo (garagem enterrada ou semienterrada) ocorreu em três canteiros. A exceção foi o canteiro C4, que também previa subsolo semienterrado, entretanto durante uma segunda sondagem foi identificado que o nível do lençol d'água estava mais próximo da superfície. O problema exigiu modificações nos

projetos do empreendimento C4 com a elevação do primeiro piso de garagem e redução da distância padrão entre pisos para compensar esta mudança e manter o gabarito de altura aprovado na prefeitura local.

6.3.2 Implantação dos canteiros

Como pode ser observado no Quadro 19, os canteiros apresentaram diferente condições de implantação. Tais condições foram agrupadas em três grupos: a) características do lote; b) arquitetura da edificação; c) infraestrutura disponível. As condições de implantação do canteiro influenciam diretamente tanto na intensidade de alguns aspectos ambientais quanto na sua percepção pelo entorno. Por exemplo, a presença de imóveis pré-existentes a demolir modifica diretamente a intensidade de aspectos ambientais como resíduos, ruídos e vibração, e poeiras e particulados, e consequentemente demandam serviços de retirada de entulho que acabam por agravar estes aspectos (e.g., circulação de máquinas e veículos, ruído e poeira).

Aspectos	Canteiro 1 – C1	Canteiro 2 – C2	Canteiro 3 – C3	Canteiro 4 – C4
Características do Lote				
Forma do lote, (razão C/L) e Perímetro total (m)	retangular (53/35 = 1.5) Pt = 175.44m	Trapezoidal (73/30= 2.4)	trapezoidal (71/59 = 1.2)	retangular (45/33 = 1.4)
Topografia do lote	plano	plano	plano	plano
Acesso ao logradouro e seu perímetro (m), (Razão p / Pt)	norte, sul e oeste p= 122m (0.70)	leste p = 34m (0.17)	norte e oeste p = 138m (0.67)	sul e leste p = 79 (0.50)
Limites com vizinhos	leste (residência alto padrão)	norte (residência), oeste (terreno) e sul (terreno)	sul (edifício residencial) e leste (comércio)	norte (terreno) e oeste (2 lotes com residências)
Construção existente	não (terreno livre)	sim (residência de alto padrão)	sim (residência alto padrão) + terreno	sim (residência de alto padrão)
Condição do solo	estável	estável	estável	estável
Arquitetura da Edificação				
Garagem em subsolo	semienterrada	semienterrada	sim semienterrada	não possui
Ocupação do terreno	alta (75%)	alta (81%)	alta (73%)	alta (89%)
Localização da torre	centro	centro-oeste	sul	oeste
Infraestrutura				
Rede de água	existente	existente	existente	existente
Rede de esgoto	existente	existente	existente	existente
Rede de água pluvial	existente	inexistente	inexistente	existente
Rede de Energia	trifásica	trifásica	trifásica	trifásica

(1) razão comprimento/largura; (2) razão perímetro das divisas junto ao logradouro / perímetro total.
(3) Terreno alugado contiguo ao lote em construção.
Fonte: Observação de campo e Google Maps.

Quadro 19 – Condições de implantação e interfaces dos canteiros com o entorno

Os lotes podem ser classificados como regulares quanto a relação comprimento e largura, a exceção do lote do canteiro 2 que pode ser classificado como do tipo estreito (SAURIN; FORMOSO, 2006), quando comparado com os demais.

A ocupação alta (73%) também foi uma padrão das amostras. Segundo o guia para planejamento de obras de gestão de processos do Programa de Tecnologia da Habitação (Habitare), esta alta ocupação é comum nos centros urbanos, impondo grandes restrições aos canteiros e exigindo cuidados como atacar a fronteira mais difícil evitando lidar com dificuldades de acesso futuro, bem como liberar o mais cedo possível o pavimento térreo para relocar as instalações provisórias (SAURIN; FORMOSO, 2006).

O canteiro 1 é aquele que apresentou melhores condições de acesso ao logradouro, porém entre os quatro é o canteiro localizado na região mais urbanizada do bairro. A situação das suas divisas permitiu locar os acessos e a circulação ao longo do tapume de fechamento. Se por um lado, esta característica favoreceu o fluxo de produção, por outro deixa a construção

mais exposta a causar impacto na paisagem urbana. A construtora planejou a execução em etapas, começando pelos quadrantes ao centro (torre) e leste, adiando as faixas ao norte e oeste. De fato, a torre central reúne a maior parte do cronograma, portanto dentro do chamado "caminho crítico". Esta implantação privilegiou os fluxos internos de circulação de pessoal, movimentação de cargas (elevador, minigrua e guincho), armazenamento de materiais e o descarte de resíduos. A área ao leste concentrou a maioria dos serviços de intervenção e produção tais como as escavações, fundações, contenções e estrutura dos pisos de garagem. A lateral mais ao norte foi reservada para a instalação da guarita. A lateral ao sul atendeu ao armazenamento de agregados e o abrigo da betoneira. A lateral oeste no início da obra foi ocupada pelo barracão da obra, sanitários e apoio aos funcionários, que depois foram relocados para os pisos de garagem, liberando a área.

O canteiro 2 reuniu as condições mais desfavoráveis de lote, sendo único que não está em uma esquina, com acesso ao logradouro apenas pela face leste e é o lote relativamente mais estreito. Apesar destas condições foi o empreendimento que teve mais liberdade para a produção, pois conseguiu alugar terrenos vizinhos ao oeste e ao sul, onde locou suas instalações provisórias. Em determinado momento alugou também a casa vizinha ao norte, devido a reclamação do vizinho quanto aos incômodos dos serviços de movimentação de terra e cravamento das estacas. Apesar de alugada, a casa ficou fechada durante toda a obra.

O canteiro 3, semelhante ao canteiro 1, também apresentou condições favoráveis de acesso ao logradouro, adicionalmente também foi o canteiro que tinha a maior área de terreno e o menor índice de utilização (Tabela 5). A construtora setorizou as áreas em construção, assim realizou a escavação sentido centro-sul, preservando apenas a faixa lateral norte para a construção das instalações provisórias (em dois pisos) e reunindo as áreas de administração e convivência. Entretanto, diferente dos outros canteiros que executaram o pavimento garagem junto com a torre central, o canteiro 3 ocupou o cronograma inicial executando a estrutura de concreto e vedação externa da torre central e deixou a execução da garagem semienterrada para uma fase mais avançada. A locação deu maior liberdade para o trabalho da grua fixa e do elevador de cargas, consequentemente facilitou o fluxo de insumos e de outros recursos acelerando o cronograma, além de reduzir o tempo de locação da grua fixa.

O canteiro 4 foi implantado em um terreno de esquina com a acesso direto ao logradouro nas faces sul e leste. Apesar de ser o canteiro com maior taxa de ocupação (89%), entre os quatro foi aquele com menos restrições nas fases iniciais devido ao projeto ter excluído a garagem subterrânea, mantendo apenas pavimentos de garagem acima do nível do solo. Esta

escolha também reduziu bastante o volume do solo escavado, gerado apenas em consequência do reservatório enterrado. Na fase inicial, a construtora setorizou a obra priorizando a execução na seções menos acessíveis, ou seja a oeste (fundo da obra) e ao norte na divisa com o lote vizinho, preservando as faixas de terreno nas faces sul e a leste, facilitando o fluxo externo e interno de insumos, serviços e retirada de resíduos, bem como a visualização e controle do avanço físico da obra.

6.3.3 Projetos

Na maioria dos casos, os projetos foram contratados junto a escritórios com sede na capital do Estado, cidade de Salvador, sendo que os projetos de instalações prediais de três dos empreendimentos foram elaborados pelo mesmo escritório (Quadro 20).

Tipo de Projeto	**Empresa responsável pelo projeto e sua cidade de origem (Feira de Santana – FSA ou Salvador – SSA)**			
	Canteiro 1 - C1	**Canteiro 2 - C2**	**Canteiro 3 - C3**	**Canteiro 4 - C4**
Arquitetura	Empresa A (FSA)	Empresa B (FSA)	Empresa C (FSA)	Empresa D (FSA)
Estrutural	Empresa E SSA	Empresa E SSA	Empresa D SSA	Empresa E FSA
Fundações	Empresa F FSA	Empresa F FSA	Empresa G SSA	Empresa F FSA
Elétrico	Empresa H SSA	Empresa H SSA	Empresa D SSA	Empresa H SSA
Hidrossanitário				
Combate a Incêndio				

Fonte: Autor, Análise dos projetos dos empreendimentos.

Quadro 20 - Cidade de origem dos escritórios contratados por tipo de projeto (disciplina)

Segundos as informações coletadas, a escolha de escritórios fora da cidade foi motivada tanto pelo fato de alguns serem fornecedores regulares em empreendimentos anteriores, quanto pela carência de escritórios especializados em projetos de edifícios altos na cidade. Entretanto, segundo os engenheiros das obras, esta concentração em poucos escritórios e fora da cidade do empreendimento frequentemente acarreta dificuldades em atender ao cronograma de entrega de projetos e dificuldades no suporte durante as fases de compatibilização e execução.

Um outro agravante é que a obra muitas vezes inicia com apenas o denominado projeto legal (projeto básico de arquitetura, e projeto de combate a incêndio) exigido para o

licenciamento, bem como os projetos de básicos de estruturas necessários para a execução dos serviços preliminares, como escavação e locação. Neste caso, é comum que os denominados projetos de instalações (e.g., elétrica, hidrossanitário etc.) ainda estejam na versão preliminar, aguardando análise e detalhamento.

De fato, uma análise dos projetos dos canteiros observou atraso entre as datas de início da obra e a data de entrega de alguns projetos executivos na área de instalações prediais. Esta indisponibilidade dos projetos executivos no início da execução da obra acaba por influenciar nos serviços de apoio a gestão, cumprimento de prazos de entrega, serviços de consultoria (suporte ao projeto) e suas relações com possíveis impactos, tais como as perdas por retrabalho, atraso de cronograma e aumento do risco de acidentes.

6.3.4 Sistemas de gestão e controle

Os empreendimentos apresentaram modelos de gestão semelhantes, a exemplo dos observados nos organogramas dos canteiros 1 (Figura 33) e canteiro 2 (Figura 34) com diferentes níveis: gestão, execução, apoio administrativo e assessoria. A gestão da obra é exercida pelo engenheiro residente sob a supervisão do engenheiro coordenador, o qual é responsável por definir a diretrizes e alinhar os empreendimentos dentro do planejamento estratégico da empresa sendo assessorado pela consultoria contratada. Ao engenheiro coordenador cabe também as decisões sobre a contratação dos projetos e prestadoras de serviços. O engenheiro residente fica responsável pelo acompanhamento destes contratos para viabilizar a demandas do canteiro, e principalmente orientar e controlar a execução das atividades segundo o cronograma físico-financeiro elaborado junto com a consultoria.

As diferenças do organograma ocorrem no nível operacional. No canteiro 1, os setores de produção foram agrupados segundo 4 tipos de serviços: civil em geral, armaduras e formas, instalações elétricas e telefonia, hidráulica (Figura 33). O canteiro 2, por sua vez, apresentou 3 grupos reunindo os serviços: civil geral (serviços internos de pedreiros), fachadas (revestimentos externos) e serviços especializados (fundações, formas, armaduras e instalações) (Figura 34). Observou-se que os empreendimentos não possuem setores específicos ou profissionais exclusivos para a gestão da qualidade ou gestão ambiental. A qualidade dos serviços é supervisionada de forma amostral pelos encarregados, mestre, estagiário e engenheiro da obra, principalmente visando o controle das perdas e do desempenho mecânico, este contando com controle tecnológico do concreto. A separação e

coleta dos resíduos até o armazenamento interno é responsabilidade da equipe geradora e o serviço é supervisionado pela equipe técnica da obra, em geral a equipe de saúde ocupacional.

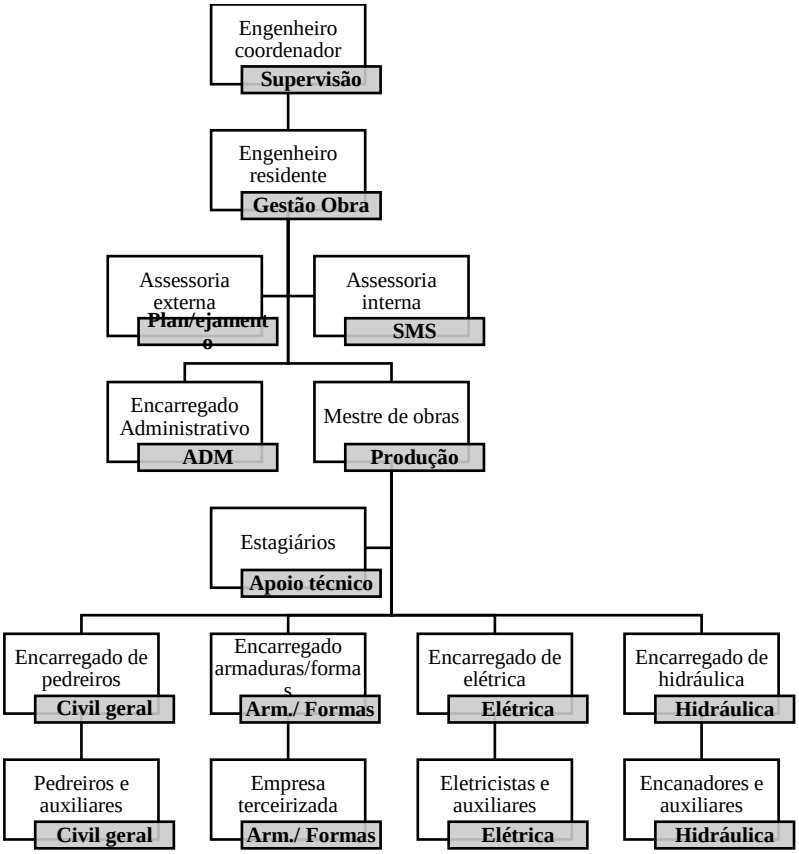


Figura 33 – Organograma do Canteiro 1 – organizado pelo autor, 2016

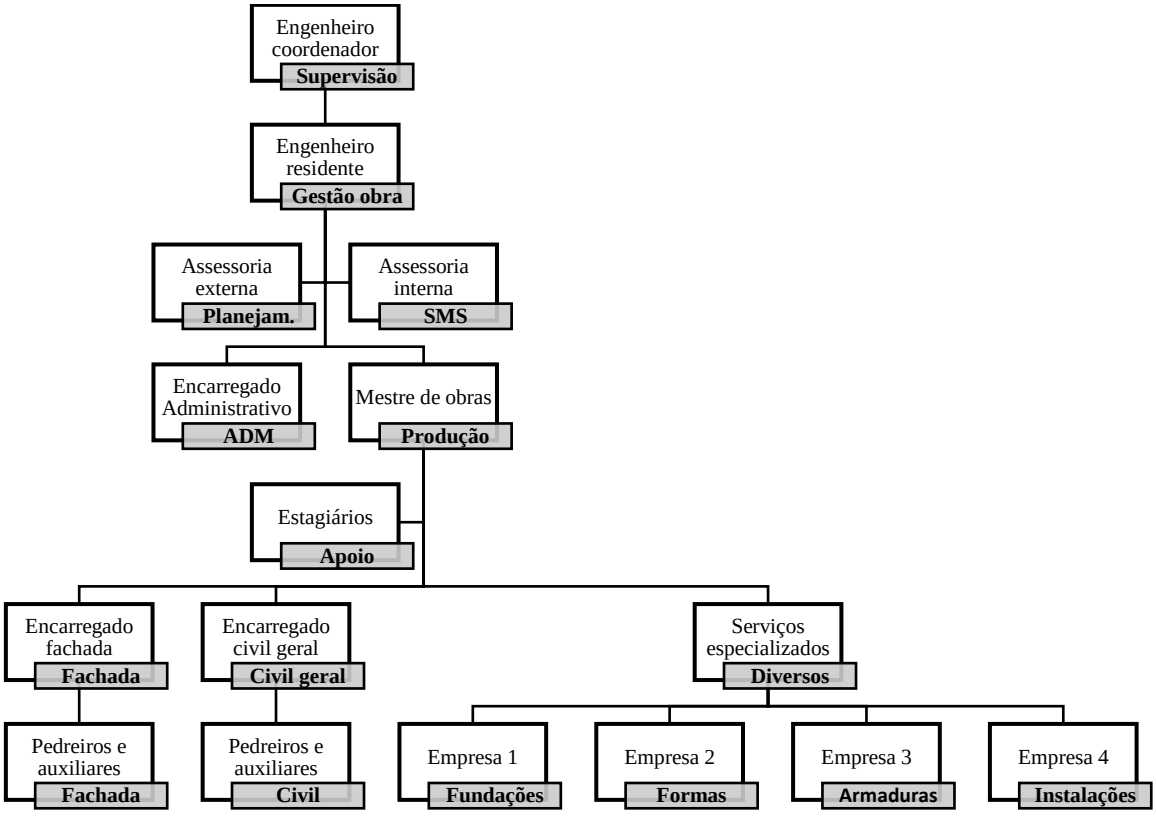


Figura 34 – Organograma do Canteiro 2 – organizado pelo Autor, 2016.

Em geral, as empresas utilizaram equipe própria para os serviços tradicionais (lançamento de concreto, vedações e acabamentos) e empresas terceirizadas (contratadas) para os serviços especializados (e.g., fundações profundas, impermeabilizações, formas, armaduras, instalações prediais e esquadrias) (O Quadro 21).

Tipo de Serviço	**Canteiro 1 C1**	**Canteiro 2 C2**	**Canteiro 3 C3**	**Canteiro 4 C4**
Planejamento da obra	X	X	X	-
Controle de custos	X	X	X	X
Gestão de ferramentas	X	-	-	-
Fundações profundas	X	X	X	X
Carpintaria	X	X	X	-
Armaduras	X	X	X	X
Instalações prediais	-	X	X	X
Esquadrias	X	X	X	X

Fonte: Formulários de caracterização dos empreendimentos e entrevista.

Quadro 21 – Uso de serviços terceirizados

Os modelos de gestão previram equipe técnica própria com engenheiro supervisor, engenheiro residente e pessoal de apoio técnico (segurança do trabalho, estagiários). Outro ponto em comum foi que os empreendimentos contrataram a mesma empresa de consultoria

com sede em Salvador para responder pelo planejamento das atividades (*master plan*) e controle do cronograma, custos e qualidade, bem como a validação do orçamento da obra elaborado por escritório externo. Esta consultoria intermediava as relações entre a construtora e o incorporador e/ou o conselho fiscal, quando o regime de construção era em condomínio. A consultoria possui representantes nas obras para controle das atividades através de instrumentos como a Ficha Verificadora de Serviços (FVS) e realiza reuniões ampliadas trimestralmente com o engenheiro para apresentação de relatórios e avaliar o cronograma.

Os serviços de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) nos canteiros contam com equipe própria, formada por técnico de segurança e estagiário para controle dos riscos ocupacionais. A equipe de SMS é vinculada diretamente a gestão da obra e funciona como assessoria interna com autonomia para supervisionar as atividades quanto a segurança, sensibilizar e treinar os operários quanto aos riscos e se necessário interromper a atividade em função de riscos eminentes ou falta de segurança. Os serviços de SMS de cada canteiro contam com instrumentos como o Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho (PCMAT) exigidos pela Norma Regulamentadora nº18 (BRAZIL, 2015) e o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC) como previsto na Resolução 307 (BRASIL, 2002), também adotam práticas como os Diálogos Diários de Segurança (DDS).

6.3.5 Sistemas construtivos

A escolha dos sistemas construtivos foi direcionada por fatores internos e externos. Entre os fatores internos, destacam-se aqueles inerentes ao projeto como a concepção arquitetônica e a dimensões dos lotes. Entre os fatores externos, estão as características do entorno (e.g., vizinhança, restrições e tráfego nas vias de acesso ao terreno) e a oferta de serviços especializados (tecnologias, equipamentos e pessoal) no mercado local. O Quadro 22 apresenta um resumo das soluções adotadas para cada canteiro.

Sistema	Canteiro 1 – C1	Canteiro 2 – C2	Canteiro 3 – C3	Canteiro 4 – C4
Fechamento (tapume)	Fechamento em telha metálica.	Fechamento do canteiro e em chapa de madeira resinada.		
Instalações provisórias	Vedações das instalações provisórias em chapa de madeira resinada. Cobertura das instalações provisórias em telhas de fibrocimento.			
Contenções (perímetro escavado)	Cortina de concreto e muro de contenção com bloco grauteado	Bloco grauteado e alvenaria de pedra.		Apenas no poço do elevador em cortina de concreto.
Fundações	Estaca escavada - hélice contínua	Estaca cravada de concreto pré-moldado		
Estruturas (em concreto armado)	Lajes planas sobre viga de borda e pilares	Convencional (lajes, vigas e pilares)	Lajes cogumelo sobre pilares	Convencional (lajes, vigas e pilares)
Formas para concreto	Painéis pré-cortados para montagem na obra em chapa de madeira compensada plastificada e gastalhos em madeira. Escoras metálicas tipo pontalete com regulagem de altura.			
Armaduras para fundações e estrutura	Armadura pré-cortada, dobrada e parcialmente montada	Armadura vem pré-cortada e dobrada. Montagem e finalização no canteiro		
Vedação (não estrutural)	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Bloco de concreto nas paredes externas e bloco cerâmico nas internas	Bloco cerâmico
Esquadrias	Alumínio anodizado (conforme projeto) sobre contramarcos			
Portas internas	Portas semiocas com contramarcos assentados com espuma			
Instalações Prediais	Elétrica em tubos e conexões em PVC Esgoto sanitário e água fria em tubos e conexões em PVC, água quente em PPR Rede de hidrantes em tubos e conexões em aço galvanizado			
Automação predial	Não prevista	Não prevista	Acesso biométrico	Não prevista
Pavimentação	Cerâmica tipo porcelanato e soleiras em granito polido nas áreas internas. Concreto autonivelante e resina de poliuretano (PU) nas garagens Blocos de concreto intertravado nas vias internas.			
Revestimentos internos	Massa única de argamassa sobre chapisco nas paredes internas Pastilha cerâmica sobre argamassa com reforço em tela metálica nas fachadas			
Pinturas e impermeabilizações	Manta asfáltica ou argamassa polimérica na piscina, jardineiras e áreas molhadas Pintura látex sobre massa nas paredes não revestidas com cerâmica			

Fonte: Análise documental dos empreendimentos, 2016.

Quadro 22 – Sistemas construtivos dos canteiros

6.4 Práticas construtivas e seus aspectos ambientais

Nas seções seguintes é apresentado um resumo comparativo de cada grupo de atividades analisadas e os principais aspectos ambientais identificados, bem como os sistemas de controle e mitigação disponíveis.

6.4.1 Serviços preliminares.

a) Demolições

Os canteiros 2, 3 e 4 demandaram um maior volume de serviços de demolição devido aos lotes possuírem construções pré-existentes, enquanto que no canteiro 1 a demolição ficou restrita ao muro que delimitava o terreno (Quadro 19).

Em geral, o processo iniciou com a retirada das coberturas das casas pelos operários, seguida por demolição mecanizada das paredes e dos muros, armazenamento temporário do entulho em caçambas estacionárias e posterior retirada do material do canteiro.

Os aspectos mais relevantes identificados foram a movimentação de máquinas, geração de resíduos inertes, e a emissão de poluição (queima de combustível), ruído e poeira.

Importante observar que algumas ações de mitigação dos aspectos ambientais acabam algumas vezes em gerar novos aspectos. Assim, a separação do aço retorcido na massa de resíduos de demolição para encaminhar para reciclagem também expõe os trabalhadores a novos riscos durante a separação (riscos físicos) (Figura 35 e Figura 36). Um outro exemplo é o consumo de água para mitigar a geração de poeira durante a demolição das estruturas e a separação, armazenamento e coleta do entulho. Portanto, a pré-existência de construção é um fator importante na previsão dos aspectos e impactos ambientais envolvidos.

Figura 35 – C1, aço retirado da demolição e aço novo misturados (Autor, 2016)

Figura 36 – C2, aço retorcido retirado dos resíduos da demolição do muro (Autor, 2016)

b) Fechamentos e Instalações Provisórias

Os tapumes delimitam a área do canteiros de obra para evitar o acesso de estranhos (BRAZIL, 2015) e ao mesmo tempo serve de barreira para reduzir os impactos das atividades de construção sobre o entorno (e.g., ruído, poeira). No fechamento dos canteiros 2, 3 e 4 foram adotados painéis de madeira compensada resinada, inclusive nos portões de acesso de veículos e pessoal. Os diferentes tapumes possuíam um portão principal que concentrava as entradas de máquinas e veículos e um portão menor para entrada e saída de pessoal. Este padrão foi diferente no canteiro 1, o qual optou por fechamento em telhas de chapas galvanizadas sobre pontaletes de madeira e com portões em chapa metálica, com alguns poucos trechos em madeira compensada. O canteiro 1, além desses portões de veículos e pessoal previu outros portões para as baias de agregados (areia e brita) na fachada sul e a possibilidade de remover parte do tapume norte para a descarga de blocos cerâmicos.

Os aspectos ambientais identificados para os serviços de tapume variaram ao longo da fase de construção. Na fase de execução, os principais aspectos foram o consumo de materiais (chapa de madeira ou telha galvanizada) e uso de mão de obra para execução dos serviços, com exposição ao risco de acidente. Durante o tempo de permanência do tapume, um aspecto relevante é o impacto sobre a paisagem urbana. Na fase final, com a retirada do tapume, os aspectos e impactos ambientais dependem dos materiais adotados, podendo, conforme o caso, resultar em resíduos de madeira para provável descarte (Canteiros 2, 3 e 4) ou telhas (Canteiro 1) as quais podem ser relocadas para fechamento de novas obras.

Além do tipo de material especificado, as características do lote também têm influência direta no consumo de recursos para tapume e no impacto na paisagem urbana, a exemplo do perímetro a delimitar e existência de muro na divisa com os vizinhos. Assim, o canteiro 2 mesmo com um perímetro maior demandou menos tapume e recursos que os canteiros 1 e 4.

As instalações provisórias, ou instalações móveis na redação da NR18, foram em estruturas de madeira, fechamento em chapas compensadas e cobertura em telhas de fibrocimento sobre piso em lastro de concreto. Os abrigos para escritório, almoxarifado e setores administrativos foram concentrados em dois níveis, sendo que nos canteiros 1 e 3 esta estrutura elevada serviu também como barreira física para propagação do ruído e poeira.

A alta taxa de ocupação do terreno representou um desafio para a gestão da obra quanto a locação e permanência destas instalações provisórias. Se por um lado, tais instalações são fundamentais para gestão da atividade construtiva e atender padrões de segurança (BRAZIL, 2015), por outro lado, em algum momento estas instalações terão que ser recoladas para permitir a execução dos pisos de garagem, os quais ocupam área acima de 90% do terreno.

Uma solução recorrente entre os canteiros foi locar inicialmente estas instalações provisórias nas áreas mais perimetrais do terreno, dessa forma, facilitava as entradas e saídas de recursos e resíduos do canteiro pelo logradouro, e ao mesmo tempo não obstruía o avanço físico das torres das unidades imobiliárias. Na medida que a obra avançava estas instalações provisórias eram desmontadas e as áreas de vivência e administração eram relocadas para o interior dos pavimentos já construídos. No canteiro1, por exemplo, os abrigos temporários inicialmente ocuparam as faixas contiguas ao perímetro sul (depósito de cimento, abrigo da betoneira, baixas de agregados) (Figura 37), norte (portaria, sala da engenharia) (Figura 38) e leste (vestiários, refeitório e área para bicicletas).

Figura 37 – C1, baias de agregados e blocos calhas no perímetro sul (Autor, 2016)

Figura 38 – C1, abrigo administrativo e vestiários (Autor, 2016)

No canteiro 2, por sua vez, as instalações provisórias foram instaladas nos terrenos vizinhos na divisa ao sul e oeste (Figuras 39 e 40). Diferente dos outros canteiros, esta condição do canteiro permitiu que suas escavações fossem executadas sem restrições e que as instalações provisórias fossem desmontadas apenas nas etapas finais do empreendimento.

Figura 39 – C2, refeitório no terreno vizinho a oeste (Autor, 2016)

Figura 40 – C2, abrigo administrativo no terreno vizinho ao sul (Autor, 2016)

Entre as instalações provisórias existem diferenças quanto a estrutura e acabamento, onde aquelas destinadas às áreas de vivência apresentam melhores condições quando comparadas às áreas de armazenamento e produção. Nas áreas de armazenamento, a escolha parece ser influenciada também pelo valor agregado do material a armazenar, como observado no abrigo de cimento (Figura 41), que precisa estar protegido da umidade, e na precariedade das baias de agregados (Figura 42). Além do valor agregado, uma outra provável justificativa é o fato da NR 18 padronizar critérios mínimo para as áreas de vivência (e.g., vestiário, sanitários e escritório) para garantir as condições de segurança e conforto dos operários (BRAZIL, 2015; SAURIN; FORMOSO, 2006), enquanto é mais genérica para as áreas de armazenamento e produção, limitando-se a questões funcionais, como o

armazenamento em camada dos materiais (e.g., cimento, tubos, vergalhões, perfis e pranchas) ou então à altura máxima no caso de insumos a granel (e.g., areia e brita).

Figura 41 – C4, abrigo de cimento (Autor, 2016)

Figura 42 – C4, baias de agregados (Autor, 2016)

Figura 43 – C1, armazenamento das tubulações na área da garagem (Autor, 2016)

Figura 44 – C2, armazenamento das tubulações no abrigo provisório (Autor, 2016)

Figura 45 – C1, abrigo da betoneira (Autor, 2016)

Figura 46 – C1, abrigo da betoneira (Autor, 2016)

Algumas soluções como a adoção de contêineres para as instalações provisórias poderia reduzir o consumo de recursos (ARAUJO, 2009), entretanto alguns autores alertam para suas

restrições de conforto e salubridade (PRIORI JUNIOR, 2011). Neste sentido a NR18 estabelece alguns padrões mínimos para aceitação do uso de contêineres quanto a ventilação natural, conforto térmico, proteção contra risco de choque elétrico e altura mínima. Tais contêineres também podem ser adaptados para uso no armazenamento de materiais, a exemplo de baias para agregados e armazenamento de resíduos.

6.4.2 Instalações para movimentação e transporte

Uma das principais preocupações da gestão dos canteiros analisados foi o prazo das construções, o qual previa, por exemplo, a execução de um pavimento por semana. Os canteiros instalaram sistemas diversos para movimentação de cargas e circulação de pessoal. Estes sistemas foram instalados e sofreram modificações ao longo da obra.

Nas etapas iniciais de preparação do canteiro, movimentação de solo, escavação e execução das fundações prevaleceu a circulação de pessoal através de rampas e escadas de madeira. Durante a execução das estruturas, sistemas mecanizados foram instalados como guinchos, gruas (canteiro 3) ou minigruas (canteiro 1) para movimentação de cargas e os elevadores para transporte de pessoal, estes últimos são obrigatórios para construções com oito ou mais pavimento conforme item 18.14.23 da NR 18 (BRAZIL, 2015). Nas fases finais da obra, o transporte de pessoal passou a utilizar também o elevador de serviço.

O canteiro 1, por exemplo, implantou três sistemas mecanizados de movimentação: a) elevador cremalheira (fachada norte) para movimentação de pessoal e blocos cerâmicos; b) mini grua (fachada oeste) para cargas como feixe de barras de aço e armaduras pré-montadas; c) guincho tipo coluna (fachada sul), tipo “foguetinho”, para içamento de gaiola para transporte de blocos ou balde para argamassas e eventualmente concreto (Figuras 47 a 49).

Figura 47 – C1, elevador cremalheira na fachada norte (Autor, 2016)

Figura 48 – C1, minigrua na fachada oeste (Autor, 2016)

Figura 49 – C1, guincho na fachada sul (Autor, 2016)

No canteiro 2, além de elevador cremalheira para pequenas cargas e pessoal (Figura 50), a construtora também adotou duto vertical para coleta por gravidade de resíduos dos serviços de alvenaria e do rasgo para tubulações com final do duto em caçambas estacionárias (Figura 51). No canteiro 3, o principal elemento de movimentação foi um guindaste (grua) (Figura 52) que permitiu a movimentação de grandes cargas, e de elevador tipo cremalheira para pessoal e cargas menores.

Figura 50 – C2, elevador cremalheira na fachada sul (Construtora 2, 2015)

Figura 51 – C2, duto de coleta resíduos na fachada oeste (Construtora 2, 2015)

Figura 52 – C3, Vista do elevador cremalheira e guindaste na fachada leste (Autor, 2016)

No Canteiro 4, o período de coleta não compreendeu a execução das estruturas, entretanto, o empreendimento também previa instalação de elevador cremalheira.

6.4.3 Movimentações de solo.

A etapa de movimentação de solo compreendeu as atividades de limpeza da superfície do terreno e escavação mecanizada. Os serviços começaram pela retirada mecanizada da camada de cobertura vegetal e solo, no terreno do canteiro 1 que não contava com construção e em menor escala nas áreas verdes dos lotes dos demais canteiros. Na sequência foram executados os serviços de escavação mecanizada para o pavimento semienterrado das garagens nos canteiros 1,2 e 3, além dos reservatórios inferiores (inclusive do canteiro 4).

Ambos os serviços, limpeza de superfície e escavação mecanizada, apresentam aspectos ambientais significativos. Entre os quais, destacam-se aspectos diretos como a própria movimentação de solo e circulação de máquinas pesadas, que geram aspectos indiretos, como a emissão de poluição da queima de combustível, a geração de resíduos sólidos e poeira devido a movimentação de solo, bem como os riscos ocupacionais pela exposição do trabalhadores e os riscos sobre a estabilidade do solo no canteiro e nos imóveis vizinhos.

Na análise do conjunto de serviços observou-se vários aspectos com possíveis impactos ambientais sobre as condições de estabilidade do solo, o uso de recursos e os incômodos no entorno. Os aspectos mais relevantes identificados foram a circulação e máquinas, emissão

de gases da queima de combustível, emissão de particulados, retirada de solo, coleta resíduos, armazenamento temporário e a coleta para disposição final em aterro sanitário.

Observou-se que, a adoção de garagem em subsolo é uma importante fonte de geração de aspectos ambientais devido aos serviços de escavação, como descrito na Figura 53.

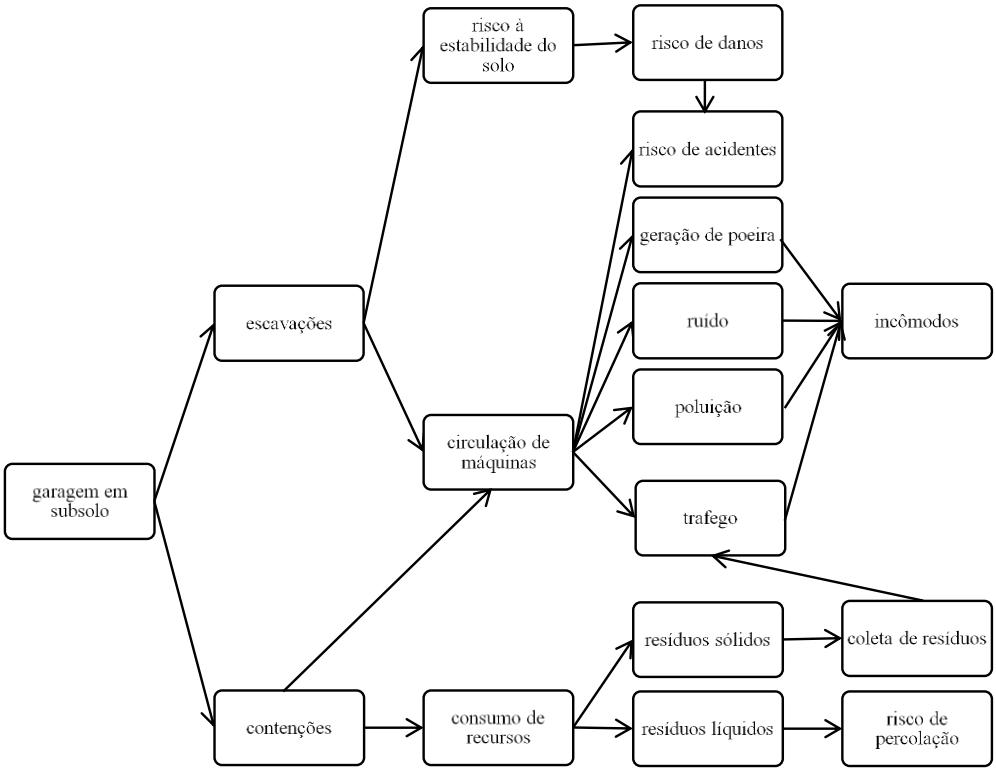


Figura 53 – Impacto do uso de garagem em subsolo na geração de aspectos ambientais

Esta situação pode ser verificada no menor impacto desta etapa no canteiro 4 (Figura 57) em relação aos demais canteiros como a circulação e máquinas (Figura 55) e riscos a estabilidade dos muros vizinhos (Figura 54 e Figura 56). De fato, a literatura cientifica aponta que tais serviços demandam controle especial quanto ao risco de danos a construções vizinhas, riscos ocupacionais e geração de incômodos no entorno (ruídos, poeiras, ocupação e calçadas e obstrução de vias) (GANGOLELLS et al., 2011).

Figura 54 –C1, vista da escavação do G3 fase de montagem das formas (Autor, 2016)

Figura 55 – C2, escavação mecanizada (Website Construtora 2, 2014)

Figura 56 – C3, escavação com a exposição das fundações do muro (Autor, 2016)

Figura 57 – C4, Vista sudeste durante execução das estacas (Website Construtora 3, 2015)

6.4.4 Fundações e Estruturas

a) Fundações, contenções e estruturas

As fundações e contenções dos empreendimentos já haviam sido executadas antes do início da coleta de dados. A análise foi baseada nos dados coletados através dos formulários e nos relatos da equipe técnica da obra. Para complementar os dados, o pesquisador entrevistou também o diretor técnico da empresa responsável pelo projeto e execução das fundações em três dos canteiros estudados.

As contenções para os pavimentos semienterrados (garagens) variaram de cortina de estaca secante (executada por empresa especializada) a muros de contenção em bloco de concreto estrutural vazado preenchido com graute ou alvenaria de pedra executado pela construtora. Os empreendimentos adotaram fundações em estaca cravada, a exceção do Canteiro 1 que substituiu por estaca escavada (tipo hélice continua), buscando minimizar os incômodos na vizinhança pois era aquele localizado na área mais adensada e próximo à

principal avenida de Feria de Santana. Segundo informações coletadas junto a empresa de fundações, o uso de estacas cravadas em concreto ou metálicas é recorrente no segmento de edifícios altos na cidade devido à falta de outras tecnologias no mercado local. A adoção hélice contínua no Canteiro 1 só ocorreu porque a empresa de fundações local passou a fornecer o serviço, reduzindo os custos de uma contratação junto a empresas da capital Salvador. De fato, a literatura aponta que a execução das estaca cravadas possuem uma maior geração de ruído e vibração devido ao impacto, quando comparada à estaca escavada como a hélice continua (GUIMARÃES, 2013), apesar da maior demanda de água para auxiliar o processo de escavação e concretagem (SOUZA, 2014).

Na superestrutura, a escolha dos modelos estruturais levou em consideração a arquitetura dos pavimentos, a demanda de mão-de-obra, o tempo de execução, os custos envolvidos e a conveniência para a execução das instalações. Critérios como geração de resíduos e ruídos não foram citados. Naqueles projetos com plantas dos apartamentos customizáveis, a escolha foi entre sistema de lajes planas (Canteiro1) (Figura 58) ou sistemas de lajes tipo cogumelo (Canteiro 3) (Figura 60), enquanto nos projetos com divisão dos apartamentos fixa optou-se por sistema tradicional com laje, vigas e pilares no Canteiro 2 (Figura 59) e Canteiro 4.

Figura 58 – C1, Sistema Estrutural (Autor, 2016)

Figura 59 – C2, Sistema Estrutural (Autor, 2016)

Figura 60 – C3, Sistema Estrutural (Autor, 2016)

b) Formas, armaduras e concreto

Os serviços de forma e armaduras dos elementos de concreto ficaram a cargo de empresas especializadas. A prestadora de serviço é responsável pelo fornecimento das chapas inteiras para lajes ou cortadas e parcialmente montadas para vigas e pilares. A empresa contratada ainda executa o escoramento, desforma, armazenamento interno e, após os ciclos de reaproveitamento na obra, a coleta dos resíduos para reaproveitamento ou descarte.

A repetição é um fator importante no reaproveitamento das formas, assim, a taxa de aproveitamento é maior nos pavimentos tipo e menor nas garagens. Neste sentido, a escolha do material também influencia no reaproveitamento, sendo que nas fundações foi comum o uso de chapas compensadas resinadas, enquanto nos pavimentos tipo optou-se por chapa resinada plastificada que permite maior reaproveitamento. No caso da laje cogumelo do canteiro 3, ainda foram usadas formas plásticas não incorporadas, ou seja, com alta taxa de reuso e baixa geração de perdas, não apenas da própria forma como na redução de perdas incorporadas quando comparada com as formas de madeira.

Nos serviços de formas em geral (infra e superestrutura), os aspectos ambientais mais relevantes observados foram o alto consumo de madeira e geração de resíduos, e a demanda de área de armazenamento (insumos e resíduos) (Figura 61e Figura 62). No caso específico das formas para estruturas um importante aspecto adicional foi o trabalho em altura durante o transporte e instalação. O fato de chegarem previamente cortadas reduz a geração de ruídos e particulados, porém o ruído ainda é significativo devido às outras fontes como a montagem e desmontagem com a retirada dos gastalhos, painéis (lateral e fundo) e escoras metálicas.

Figura 61 – C1, resíduos de formas (Autor, 2016)

Figura 62 – C2, resíduos de formas (Autor, 2016)

Como esperado, o consumo de aço é elevado. O aço em barras (vergalhões) é adquirido pré-cortado e dobrado seguindo detalhamento que consta no projeto estrutural. Em alguns canteiros as vigas e pilares já chegaram parcialmente montados, em outros casos o processo de montagem ocorre na obra. Outros aspectos relevantes são aqueles relacionados a descarga do aço (em feixes), armazenamento temporário e o uso de máquinas para sua movimentação nos canteiros. A minigrua no canteiro 1 e a grua no canteiro 2, por exemplo, são fontes importantes de consumo de energia e de geração de ruído.

Figura 63 – C1, bancada de montagem das armaduras (Autor, 2016).

Figura 64 – C2, armaduras dos pilares do G1 aguardando formas (Construtora 2, 2016).

O concreto para contenções, fundações e superestruturas nos 4 canteiros foi do tipo usinado fornecido por concreteiras locais, o que reduziu a demanda de água no canteiro, porém exigiu o uso de caminhão betoneira e sistema mecanizado de lançamento com bomba (estacionária ou em caminhão com lança). O processo de lançamento de concreto em cada piso começava nas áreas de pior acesso e seguia avançando para as áreas mais livres visando melhorar o fluxo de pessoas e recursos, como recomendado pela técnica. No canteiro 1, por

exemplo, o fluxo de concretagem começou da face sul na divisa com o vizinho em direção ao norte onde ficavam estacionados o caminhão betoneira e o caminhão de bombeamento. Esta permanência dos caminhões na rua, em vez de no interior dos canteiros, agrava alguns dos problemas como a ocupação da via pública, percepção do ruído e risco de descarga de resíduos no passeio ou na via. Após o lançamento, o consumo de água volta a subir para controlar o tempo de cura do concreto.

A escolha de um modelo estrutural diferente do tradicional em concreto armado poderia reduzir alguns dos aspectos relacionados aos serviços de formas, armaduras e concreto. Modelos com vigas e pilares em perfis metálicos com laje em concreto ou tipo *steel deck*, por exemplo, reduziriam o volume de concreto e o uso de formas, implicando em menor consumo de concreto e madeira, simplificação do escoramento, reduzindo a emissão de poeira e particulados, além de um menor volume de resíduos. Neste caso, as formas são desnecessárias (pilares e vigas), reutilizáveis (laje) ou incorporadas (*steel deck*) reduzindo significativamente resíduos e emissões, entretanto outros aspectos precisam ser considerados como a movimentação de cargas pesadas, o uso de solda e o tratamento da superfície.

6.4.5 Fechamento, Vedações e Esquadrias

a) Vedações

Os canteiros escolheram sistema de vedação em blocos cerâmicos assentados com juntas argamassadas para as paredes internas e externas. A única exceção foi para as paredes externas do canteiro 3 em bloco de concreto, mantidos os blocos cerâmicos nas internas. Nos poços de visitas (*shafts*) foi adotado fechamento tipo *drywall* com gesso acartonado . Em nenhum dos canteiros foi identificado projeto de paginação para execução das paredes.

Entre os elementos construtivos, as alvenarias em blocos cerâmicos foram aquelas em que as perdas e geração de resíduos foram mais facilmente percebidas durante a coleta de dados. Este baixo desempenho está relacionado principalmente a falta de conformidade dos blocos e a sua forma de manipulação, durante as diversas etapas (entrega e descarga na obra, armazenamento temporário, movimentação interna e aplicação). Além disso, segundo o relato da equipe de uma das obras, mesmo aqueles blocos de fornecedores regulares ainda apresentam problemas de falta de padrão dimensional e fragilidade.

Os blocos cerâmicos nas fases iniciais são entregues não paletizados, descarregados manualmente e empilhados um a um na área descoberta (Figura 65 e Figura 66), portanto, expondo os trabalhadores ao risco e a obra a maiores perdas por quebras, maior permanência

do caminhão de entrega no interior do canteiro ou estacionado na rua junto a calçada. Apenas após o início dos serviços nos andares superiores é que alguns dos canteiros passaram a adquirir a carga de blocos já paletizada visando aumentar a segurança na sua elevação. Isso aponta que a preocupação com os riscos ocupacionais é um indutor de melhoria no processo, entretanto não ficou demonstrada a mesma preocupação com o controle das perdas ou em reduzir o incômodo para os vizinhos com um menor tempo de descarga.

Figura 65 – C1, armazenamento dos blocos (Autor, 2016)

Figura 66 – C4, armazenamento dos blocos (Autor, 2016)

Os aspectos ambientais observados nas alvenarias variaram conforme o material de vedação (tipo de bloco) e o local de execução (e.g., paredes internas ou perimetrais).

Em ambas as alvenarias, em bloco cerâmico ou bloco de cimento, foram observados aspectos ambientais importantes, tais como consumo de insumos (e.g., blocos, argamassas e água), alta demanda de mão-de-obra e movimentação, além do risco de ocupação das vias para a descarga (mais lenta para os blocos não paletizados). As magnitudes de alguns destes aspectos dependeram de fatores como o material de vedação (tipo de bloco) e o local de execução (paredes externas ou internas). Assim, a geração de resíduos e consumo de argamassa foi maior nas vedações com blocos cerâmicos do que naquelas com blocos de cimento, principalmente por causa da baixa conformidade dimensional e da fragilidade do bloco. Além disso, o uso de blocos cerâmicos impactou negativamente em outras etapas como a necessidade de rasgo das paredes para embutimento de tubulações e posterior fechamento com argamassa. No caso das paredes externas um fator adicional foi a demanda de trabalho em altura nas áreas perimetrais aumentando o risco de queda.

A adoção que novos materiais e tecnologias poderiam industrializar este processo reduzindo alguns dos aspectos ambientais do sistema tradicional. O uso de painéis pré-fabricados, por exemplo, reduziria as perdas e resíduos na obra, bem como a demanda de

mão-de-obra e o tempo de execução, entretanto, exige maior detalhamento dos projetos e sistema de movimentação de cargas, como também pode reduzir a flexibilidade do projeto.

b) Esquadrias e Portas

Uma solução frequente foi o uso de esquadrias em perfis de alumínio anodizado variando apenas o tipo de perfil e o padrão de acabamento. Considerando ser um produto de alto valor agregado e diretamente relacionado a percepção e estética da arquitetura e conforto dos usuários, a produção das esquadrias seguiu projeto específico por empresa especializada. No caso do canteiro 1, por exemplo, o detalhamento foi elaborado por escritório especializado em São Paulo para atender aos novos padrões da norma de desempenho (NBR 15.575) e evitar os problemas de obras anteriores, onde a falta de padronização dificultou o controle dos serviços, gerou baixa qualidade e retrabalho, além de reclamações dos condôminos. As esquadrias foram instaladas pela empresa terceirizada sobre contramarcos previamente dispostos durante a execução das paredes externas.

Apenas o canteiro 2 optou por corte e montagem dos perfis das esquadrias no próprio canteiro (Figura 67), nos demais elas foram entregues já prontas. Apesar de reduzir o volume das entregas - em perfis em vez de esquadrias montadas - a central de produção no canteiro é mais uma fonte de geração de ruído e de incremento da demanda de pessoal no canteiro. No caso das portas, os canteiros usaram sistema tipo kit porta-pronta (Figura 68) para as portas internas dos apartamentos, assentadas com espuma expansiva de poliuretano.

Figura 67 – C2, preparação das esquadrias (Autor, 2016)

Figura 68 – C2, kit de porta (Autor, 2016)

Entre os aspectos ambientais gerados pelos serviços de assentamento de esquadrias destacam-se o consumo de materiais, trabalho em altura, manipulação em máquinas e consumo de energia. No caso do canteiro 2, a decisão em realizar o corte e montagem das esquadrias na obra agravou alguns aspectos ambientais, tais como um significativo aumento do uso de máquinas (bancada e manual), consumo de energia e geração de ruídos.

6.4.6 Instalações

Os quatro canteiros adotaram sistemas tradicionais para instalações prediais com tubulações e conexões em PVC (distribuição de água fria e quente, coleta de esgoto, elétrica e telefonia) ou aço galvanizado (rede de hidrantes). As tubulações no plano horizontal foram dispostas entre a laje e o forro de gesso (canteiros 1,2 e 3) (Figura 69 e Figura 70) ou embutidas nas lajes antes da concretagem (canteiro 4).

Figura 69 – C2, Instalações entre forro e laje (Autor, 2016)

Figura 70 – C3, instalações entre forro e nas vedações em *drywall* (Construtora 2, 2016)

Aquelas tubulações em PVC dispostas no plano vertical foram embutidas nas paredes (ramais secundários) e interligadas a rede principal através de poços de visita nas áreas comuns com aberturas nas lajes para as prumadas que interligam os pisos.

Nas paredes em bloco de cimento as instalações foram embutidas diretamente nos vazios dos blocos com corte apenas para instalar as caixas de passagem ou ligação, enquanto nas paredes de blocos cerâmicos foi necessário rasgo usando serra circular, embutimento das instalações e recomposição do rasgo com argamassa (Figura 72).

Figura 71 – C2, tubulações no teto da garagem (Autor, 2016)

Figura 72 – C2, rasgos para embutir as instalações (Construtora 2, 2015)

Os principais aspectos ambientais observados nos serviços de instalações foram o consumo de materiais (e.g. tubos, conexões, caixas, caixa), usos de máquinas, consumo de energia e geração de ruído, e a geração de resíduos. Os serviços de rasgos para embutimento das instalações apresentaram como aspectos mais importantes o intenso uso de máquinas de corte com consequente incremento do consumo de energia, geração de ruído, emissão de poeira e particulados e a alta geração de resíduos (classe A).

Uma parte destes impactos pode ser reduzida pela adoção de algumas soluções de projeto, tais como uso de materiais de vedação que permitam embutir as instalações sem necessidade de rasgo (bloco vazados) ou que os rasgos sejam minimizados em função do tipo de bloco (e.g., bloco de concreto celular autoclavado) ou tipo de tubulações (e.g., sistema de polietileno reticulado tipo PEX). O sistema tipo PEX, por exemplo, devido ao uso de bainhas para passagem das tubulações e a redução do uso de conexões facilita manutenções.

6.4.1 Revestimentos e Acabamentos

Os revestimentos de pisos e paredes respondem por um grande volume do consumo de materiais na obra (e.g., argamassas, pastilhas e pisos cerâmicos), além de uma grande demanda de mão-de-obra.

a) Argamassas e revestimentos de paredes

Os canteiros escolheram sistema de revestimento e acabamentos semelhantes. Inicialmente as paredes receberam chapisco para melhorar a aderência e sobre esse uma camada de argamassa cuja superfície poderia ser tipo sarrafeado (para acabamento em cerâmica) ou então desempolada (para acabamento final em pintura).

No canteiro 2, por exemplo, o revestimento das paredes internas e garagens foi em argamassa com acabamento em pintura nas paredes internas e textura nas garagens. A base foi preparada em chapisco rolado e depois aplicada massa única nivelada manualmente, com acabamento sarrafeado para cerâmica ou desempolado para pintura. Nas fachadas da torre, adotou-se acabamento em pastilha cerâmica sobre base de chapisco e argamassa especial com tela metálica e aditivo para evitar problemas de retração e desplacamentos.

Figura 73 – C1 Parede aguardando a aplicação da argamassa (Fonte: Construtora 2, 2016)

Figura 74 – C2 Parede aguardando cerâmica (Fonte: Construtora 2, 2016)

Importante observar que os serviços das fachadas mereceram cuidados especiais, não apenas pela questão estética, pois tem uma exposição direta para todos os condôminos e pessoas na rua, mas principalmente por características do alto custo dos materiais, produtividade e risco de acidentes.

Por exemplo, diferenças de planicidade são mais difíceis de corrigir nas fachadas devido as grandes extensões contínuas quando comparadas aos espaços internos delimitados por lajes e paredes. Assim, alguns dos canteiros adotaram inovações como a marcação e controle a laser desde as etapas iniciais. Este controle não foi o mesmo em todos os canteiros, onde alguns limitaram ao uso de mira laser apenas na locação e com prumos nas demais etapas.

Para controlar as perdas das pastilhas cerâmicas de alto custo foram elaborados projetos de paginação adequando a modulação ao tamanho das pastilhas e evitando cortes. E no geral, as argamassas recebem reforços e pontes de aderência para evitar desplacamentos.

Entre os aspectos ambientais associados a aplicação de argamassas destacam-se a demanda de área de armazenamento, o consumo de materiais (areia e cimento), e consumo de água, seguidos pela geração de resíduos de argamassa, embalagens (cimento ou argamassa industrializada), e consumo de energia durante a mistura e elevação das argamassas em balde. No caso das argamassas nas fachadas um outro importante aspecto ambiental adicional é o trabalho em altura e o uso de sistema mecanizado tipo balancim.

Na preparação e aplicação das cerâmicas os aspectos são o alto consumo de materiais industrializados (argamassa colante e placa cerâmica). O uso de máquinas de corte e consequente geração de ruído muitas vezes também são significativos, entretanto a

intensidade depende da coordenação entre as dimensões das peças e o ambiente a revestir, tais cortes podem ser feitos na própria obra (mais incômodo por ruído) ou fora do canteiro.

b) Pavimentações

As pavimentações demandaram diferentes sistemas de preparo e acabamento conforme os ambientes a aplicar. Nas áreas internas (comuns e privativas), o padrão foi revestimento cerâmico tipo porcelanato assentado com argamassa colante industrializada sobre base de argamassa. Nas garagens, o sistema foi em concreto auto adensável executado por empresa especializada e nas vias internas na área descoberta optou-se por blocos de concreto intertravado, alguns vazados para preenchimento com grama.

O concreto auto adensável, por exemplo, foi uma solução adotada para reduzir a demanda de mão de obra e melhorar o acabamento (superior ao concreto tradicional). O lado positivo é que reduz alguns aspectos como geração de ruído e vibração, circulação de pessoas e uso de máquinas de polimento, uma fonte de poeira e ruído. Por outro lado, exige a manipulação de produtos químicos como plastificantes e descarte de embalagens.

6.4.1 Pinturas e proteções de superfícies

a) Impermeabilizações

O sistema de impermeabilização apresentou soluções diferenciadas conforme a área e o grau de exposição. A escolha em geral seguiu recomendação da empresa especializada que especificou o sistema e fez a aplicação.

No poço do elevador do empreendimento 1, por exemplo, a construtora repetiu solução adotada em outro empreendimento, tomando cuidados especiais desde o traço de concreto com impermeabilizante até a aplicação de camada de proteção em argamassa polimérica.

O empreendimento 2, para as impermeabilizar as fundações e contenções escolheu sistema misto com manta protegida com argamassa polimérica, e nos outros casos a escolha foi resina em poliuretano nas áreas molhadas, lajes descobertas, calhas, piscina e quadra

As mantas precisam de controle especial devido ao uso de maçarico de alta pressão ligado ao botijão de gás, portanto com riscos de acidente do aplicador e dos demais operários próximos a aplicação. Outros aspectos ambientais relevantes dos serviços de impermeabilização são o consumo de materiais industrializados e o trabalho em altura.

b) Pinturas

A pesquisa não acompanhou os serviços de pintura, portanto na identificação de seus aspectos ambientais foram considerados a análise documental (projetos e cronograma físico) e os relatos do engenheiro residente de cada obra.

Segundo as informações coletadas, a maior demanda de pinturas foi nas áreas internas, pois os empreendimentos optaram por acabamento em pastilha cerâmica em suas fachadas. No caso dos muros, a opção foi aplicar acabamento acrílico texturizado em vez de pintura tradicional sobre massa acrílica. Esta mudança permitiu, por exemplo, excluir o lixamento da massa acrílica e a posterior pintura, por uma aplicação de massa direta com rolo texturizado sobre a argamassa previamente selada, portanto, menos emissão de particulados, melhores condições de trabalho e menos incômodo para a vizinhança. Nas áreas internas, por sua vez, o uso do sistema de pintura tradicional prevaleceu, com a aplicação de tinta sobre parede previamente emassada e lixada.

Ambos os serviços, pintura convencional (tinta sobre massa) e acabamento texturizado têm um alto consumo de insumos (e.g., tintas e solventes) e descarte de embalagem (principalmente latas), além do uso de solventes para lavar os instrumentos de aplicação (e.g., rolos e pincéis) e exposição dos trabalhadores a emissão de poeira (pintura convencional) e compostos orgânicos voláteis (VOC) das tintas e solventes (SATTLER; PEREIRA, 2006). Nos serviços de pintura externa, os riscos de trabalho em altura é um aspecto relevante, exigindo medidas de controle e uso de equipamento de segurança coletiva e individual.

6.5 Resultados globais e análise do modelo aplicado

Quadro 23 reúne os resultados individuais e globais obtidos da análise das atividades construtivas e os respectivos aspectos gerados. Os valores de magnitude foram atribuídos conforme os critérios e escala propostos pelo quadro de avaliação (Quadro 18).

Os índices i_s e i_a avaliam os resultados sobre duas perspectivas. O índice do serviço (i_s) avalia o conjunto de resultados pela perspectiva da atividade construtiva, permitindo compreender a distribuição da relevância de cada aspecto ambiental dentro da mesma atividade. De outro modo, o índice do aspecto (i_a) avalia sob a perspectiva do aspecto ambiental, ou seja, como o conjunto de aspectos ambientais e a sua distribuição contribuem para modificar um dado aspecto ambiental.

O primeiro, o índice de serviço, foca no aperfeiçoamento da atividade visando compreender questões operacionais da execução, identificando aspectos ambientais que precisam de maior atenção para mitigá-los através de melhoria dos materiais, tecnologias ou gestão. O segundo, o índice de aspecto ambiental, foca no aperfeiçoamento do conjunto (obra), através de uma visão mais global do processo, identificando como a seleção das atividades podem impactar no resultado global de um determinado aspecto ambiental.

Assim, tais índices podem contribuir em diferentes níveis no planejamento e controle do processo de construção. Por exemplo, no planejamento de um empreendimento em uma área sensível a ruídos, como próximo a hospitais, o construtor deve buscar mitigar os impactos principalmente de serviços como demolição, fundações, concretagem e cortes de cerâmica de paredes. Entre as opções poderiam ser citadas: a) barreiras acústicas no processo de demolição; b) estacas escavadas em vez de cravadas; c) planejar os horários da concretagem; e) coordenar o tamanho dos cômodos para evitar cortes, ou se necessário fazer o corte fora do canteiro; f) usar sistema parede/instalações que não necessite corte para embutimento.

O índice de serviços, por sua vez, além de auxiliar ao projetista e construtora a escolher entre a tecnologia a ser utilizada para um determinado elemento construtivo (e.g., parede de bloco cerâmico ou parede de bloco de cimento) poderia também ser utilizado para incorporar parâmetros, além da relação custo x prazo, para a escolha da empresa terceirizada para um determinado serviço, considerando seu desempenho no controle dos aspectos ambientais.

Ao analisar os resultados, percebe-se que quando mais cedo no ciclo de vida do empreendimento forem incorporadas práticas ambientais, melhores são as chances de reduzir os impactos gerados pelos canteiros. Na concepção dos projetos, por exemplo, a decisão de grandes áreas de garagem gerou um grande volume de escavação que impactou na maior movimentação de solo, circulação de máquinas, emissão e poeira e a geração de ruído e vibração. Na escolha dos sistemas construtivos, a adoção de parede em bloco de cimento em vez de cerâmico pode evitar o corte consequentemente menor exposição do trabalhador à acidentes e menor geração de ruído e de resíduos; o controle dimensional dos blocos de cimento exige uma menor espessura de argamassa, logo menor consumo de materiais.

A industrialização de alguns dos processos, como o uso de concreto dosado em central e armaduras pré-cortadas e dobradas, contribuem para a redução de perdas e reduz o tempo de construção. Todavia, estes serviços e a intensificação do ritmo de produção em geral impactam negativamente na geração de ruído e exposição dos trabalhadores ao risco de acidentes com máquinas.

Atividades construtivas	CN	CM	CI	CA	CE	RP	RR	CV	EP	ER	MS	AA	AM	TM	TA	G1	is
Serviços Preliminares																	
Demolição	0	0	0	1	1	2	3	3	3	3	0	3	0	2	2	23	0.5
Instalações provisórias	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	2	0	1	16	0.4
Movimentações																	
Limpeza do terreno	0	0	0	1	0	0	2	2	3	2	2	2	0	2	0	16	0.4
Escavação mecanizada	0	0	0	1	0	0	3	3	3	3	3	3	0	3	1	23	0.5
Fundações																	
Estacas pré-moldadas (1)	1	0	2	1	0	0	1	3	2	3	3	0	2	3	0	21	0.5
Formas (2)	0	3	1	0	1	0	2	1	1	2	0	0	2	1	1	15	0.4
Armaduras (3)	0	0	3	0	2	1	1	1	0	1	0	0	2	1	1	13	0.3
Concreto (4)	3	0	3	2	1	0	1	2	2	2	0	1	3	2	1	23	0.5
Superestrutura																	
Formas (2)	0	3	1	0	1	0	2	1	1	2	0	0	2	1	3	17	0.4
Armaduras (3)	0	0	3	0	2	1	1	1	0	1	0	0	2	2	3	16	0.4
Concreto (4)	3	0	3	1	1	0	1	2	2	3	0	0	3	2	3	24	0.6
Fechamentos																	
Vedações internas	2	0	3	2	1	0	2	2	1	1	0	3	2	0	1	20	0.5
Vedações externas	2	0	3	2	1	0	2	2	1	1	0	2	3	0	3	22	0.5
Esquadrias metálicas	0	0	2	0	1	0	0	1	0	2	1	0	1	1	2	11	0.3
Portas internas	0	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	6	0.1
Instalações																	
Rasgos para tubulações	0	0	0	1	3	0	2	1	2	3	0	1	0	2	0	15	0.4
Instalações Prediais	0	0	2	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	2	10	0.2
Revestimentos																	
Argamassas internas	3	0	3	3	2	0	2	2	1	1	0	2	3	1	1	24	0.6
Argamassas fachada	2	0	2	3	2	0	2	1	2	1	0	2	3	2	3	25	0.6
Pavimentações	1	0	2	2	2	0	1	1	1	2	0	3	1	1	0	17	0.4
Cerâmica interna	0	0	3	2	1	0	2	1	2	3	0	2	3	1	1	21	0.5
Cerâmica fachada	0	0	3	2	1	0	2	1	2	3	0	2	3	2	3	24	0.6
Pintura e Proteções																	
Impermeabilizações	0	0	2	0	0	2	0	1	1	1	0	0	1	1	2	11	0.3
Pintura interna	0	0	2	2	1	3	0	1	2	1	0	0	3	1	1	17	0.4
Pintura externa	0	0	2	2	1	3	0	1	2	1	0	0	3	1	3	19	0.5
G2	18	10	47	29	28	13	35	36	35	45	9	27	46	33	38		
ia	0.2	0.1	0.6	0.4	0.4	0.2	0.5	0.5	0.5	0.6	0.1	0.4	0.6	0.4	0.5		

Legenda de cores e escala da presença do aspecto ambiental: verde para inexistente ou nula (p=0); amarela para baixa (p=1), laranja para relevante (p=2); e vermelha para alta (p=3).

Abreviações: CN, consumo de recursos naturais minerais no canteiro ou fornecedor local; CM, consumo de recursos manufaturados e madeira no canteiro; CA, consumo de água no canteiro; CE, consumo de energia no canteiro; RP, geração de resíduos perigosos ou não recicláveis; RR, geração de resíduos recicláveis ou de vegetação; EP, emissão de poeira e particulados; ER emissão de ruído e vibração; CM, Circulação de máquinas e veículos; MS, movimentação de solo; AA; armazenamento de agregados e resíduos; AM, armazenamento de manufaturados; TM, trabalho exposto a máquinas; e TA, trabalho exposto ao risco de queda.

is = índice do sistema construtivo, igual a razão entre a soma dos pontos e a soma total possível (15x3 = 45 pontos).

ia = índice de relevância do aspecto ambiental dentro da atividade construtiva observado.

(1) foi considerada estacas cravadas, a qual foi adotada pela maioria dos nos canteiros C2, C3 e C4. (2) Formas cortadas fora do canteiro e montadas na obra. (3) Armaduras cortas e montadas fora da obra. (4) Concreto usinado.

Fonte: Adaptado da Matriz de avaliação do guia “Levantamento do estado da arte: Canteiro de obras”

Quadro 23 – Avaliação das atividades construtivas e aspectos ambientais associados

6.6 Conclusões sobre o capítulo

O modelo escolhido se mostrou adequado para identificar e qualificar as atividades dos canteiros de obras estudados. Neste sentido, os resultados obtidos ajudaram a compreender as relações entre tais atividades construtivas e os aspectos ambientais gerados.

O estudo verificou uma convergência entre a lista de atividade construtivas e de aspectos ambientais identificados nos canteiros estudados e aquela proposta pela matriz de avaliação de canteiros de Cardoso e Araújo (2007), porém ainda apresentava alguma subjetividade para atribuir pesos das atividades na geração dos aspectos. Esta subjetividade do modelo, aparentemente foi reduzida ao incorporar alguns dos critérios propostos por Gangolells et al (2009), contribuindo para sistematizar a avaliação.

No estudo, a forma escolhida para a apresentação dos resultados em uma matriz atividades *versus* aspectos ambientais, facilitou a percepção daqueles mais significativos dentro de uma mesma atividade, bem como em relação ao conjunto de atividades.

Os impactos e aspectos ambientais gerados têm diversos fatores contributivos, alguns deles inerentes a concepção do projeto ou relacionados as condições de implantação do canteiro. Entre os fatores inerentes aos projetos que influenciam na intensidade dos impactos, observou-se a concepção arquitetônica e dos demais projetos, bem como a escolha do tipo de sistemas construtivo, materiais e tecnologias empregadas. Entre as condições de implantação, as principais dizem respeito a necessidade de demolição de construção prévia, as limitações de acesso ao lote e a proximidade da vizinhança.

A alta ocupação do lote e a falta de planejamento acabam por agravar estes aspectos, principalmente na elevação do risco ocupacional, ocupação do passeio e vias públicas, e agravamento dos incômodos pela falta de barreiras físicas e outras medidas mitigadoras para reduzir a emissão de poeira e ruídos.

Algumas das soluções como o uso de blocos não padronizados e com baixa resistência resultam em aumento da geração e resíduos, em especial nos casos onde a construtora optou por instalações embutidas através do corte das alvenarias e posterior recomposição.

O modelo pode ser utilizado como análise preliminar e contribuir para sensibilizar os agentes envolvidos e orientar o planejamento das atividades e das medidas de controle. Entre os resultados, é possível perceber a importância da adoção de práticas de menor impacto, desde a concepção do projeto, como a pré-fabricação de alguns elementos construtivos que

retira atividades do canteiro, até a coordenação modular que reduz perdas e sistemas integrados como o uso de blocos que permitam a passagem das instalações sem exigir corte.

Entretanto, o modelo ainda apresenta algumas limitações de sensibilidade importantes. O modelo não permite, por exemplo, avaliar como um alongamento ou redução do tempo da atividade impacta na percepção de alguns aspectos ambientais, tais como ruído e circulação de veículos.

Um caminho neste sentido seria substituir a escala qualitativa por uma escala quantitativa que englobasse o uso de insumos em massa, demanda de tempo de máquinas e uso de pessoal. A partir destas variáveis (consumo, serviços e pessoal) o método poderia incorporar outras métricas, tais como taxas de geração de resíduos e emissões a partir do tipo de material e tecnologia envolvidas. Estas questões serão abordadas nos capítulos 7 e 8.

7 AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS A PARTIR DE BASES DE CUSTO DE CONSTRUÇÃO

Este capítulo resultou na publicação do artigo "*Getting Environmental Information from Construction Cost Databases: Applications in Brazilian Courses and Environmental Assessment*" publicado em 1 de janeiro de 2019 no volume 11 da Revista *Sustainability* (BORJA et al., 2019).

O capítulo atende a seguinte questão e objetivo específico do Quadro 1:

Questão 6: Como utilizar as bases de custos na avaliação de desempenho e na disseminação de conhecimento ambiental?

Objetivo específico 6: Analisar bases de custos de construção visando transformar dados de custos em informações ambientais.

Resumo do capítulo

O processo tradicional de decisão na construção e escolha dos sistemas construtivos ainda continua direcionado pela relação custo versus tempo e alguns indicadores de qualidade, não contemplando adequadamente indicadores para controlar os impactos ambientais gerados. A falta de indicadores ambientais dificulta mensurar impactos e comparar atividades. Assim, informações ambientais importantes como o consumo de água e de energia são negligenciadas. Então, como melhorar a comunicação ambiental para incorporar práticas sustentáveis na construção? Esta incorporação de indicadores ambientais em ferramentas de gestão da construção como as bases de dados de custos pode aproveitar a abrangência destas para melhorar a comunicação e o desempenho ambiental do setor. O capítulo mapeou 24 indicadores ambientais em bases de custo de construção para avaliar sua capacidade de comunicar e disseminar informações ambientais. A pesquisa compreendeu: a) revisão do uso de bases de custos no estudo ambiental, b) identificação das bases mais citadas em 27 cursos de engenharia civil do Brasil, e c) seleção de 6 bases de custos para aplicação de uma matriz de avaliação (dado de custo x informação ambiental). Os resultados apontam que as bases CYPE, TCPO e ORSE apresentaram um desempenho médio e resultados superiores aos apresentados pelas bases SINAPI, BDCCM e BCCA. Em geral, as ferramentas apresentaram um baixo controle sobre as informações ambientais, tais como consumo de água e energia, circulação de máquinas e geração de ruído e poluição. No entanto, observou-

se que, ao agregar indicadores ambientais, essas ferramentas podem contribuir significativamente para disseminar boas práticas em sua ampla base de usuários. Um modelo híbrido, considerando contexto local e metodologias internacionais, pode aperfeiçoar as bases nacionais, transformando os dados de custo em informações ambientais passiveis de serem incorporadas nas práticas de construção.

7.1 Contextualização.

A definição e implementação de ações na busca por construções e sistemas urbanos mais sustentáveis são direcionadas por um amplo conjunto de questões, tais como questões sociais, econômicas e financeiras, institucionais, tecnológicas, pessoal envolvido, conhecimento e inovação, todas estas influenciadas pelo contexto urbano local e suas complexidades (WEBB et al., 2017). Fatores econômicos e sociais incluem os custos durante o ciclo de via. Neste sentido, o desafio é combinar um menor impacto ambiental com a otimização dos custos durante o ciclo de vida (JCR JOINT RESEARCH CENTER, 2012), reduzindo as externalidades negativas do processo (WEBB et al., 2017).

Inicialmente, a análise dos custos durante o ciclo de vida (*Life-cycle costs* - LCC) surgiu como ferramenta para auxiliar na escolha econômica de projetos. Via de regra, tal análise começa com a identificação das atividades construtivas envolvidas, seguida da identificação e mensuração das suas entradas e saídas em termos do tempo e do custo da aquisição dos materiais e serviços. Nas últimas décadas, com a consolidação do conceito de sustentabilidade (equilíbrio entre as dimensões econômicas, ambientais e sociais) a necessidade de combinar custos econômicos e impactos socioambientais têm crescido. Assim, o LCC passou a buscar a conciliação das dimensões econômicas e ambientais na escolha de produtos e processos de menor impacto (FERREIRA; PINHEIRO; BRITO, 2014). Similarmente, os custos econômicos também passaram a ser incorporados em sistemas de certificação e avaliação ambiental, a exemplos do *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), *British Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), *e Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (CASBEE) (HAAPIO; VIITANIEMI, 2008; KNEIFEL, 2010; SILVA, 2007).

Na literatura ambiental, esta integração aborda a otimização entre custos econômicos e custos ambientais, envolvendo questões como a redução do consumo de recursos e geração

de resíduos (MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017), uso eficiente de energia (WONG et al., 2015) e redução da emissão de poluição (WONG; KRUGER, 2017).

Neste sentido, uma ferramenta econômica como o LCC pode atuar em conjunto com metodologias de análise ambiental durante o ciclo de vida da construção. Aplicações para o LCC podem ser observadas em estudos sobre *Life-cycle assessment (LCA)* (BOCCHINI et al., 2014; TADEU et al., 2015), *Life cycle carbon emissions (LCCE)* (SANTOS; COSTA; GRILO, 2017) , *Life cycle energy analysis (LCEA)* (TSIMPLOKOUKOU; LAMPERTI; NEGRO, 2014). Entretanto, a análise combinada entre LCC, LCA e LCCE apresenta desafios, os quais exigem tempo e pesquisa para equacionar os diferentes requisitos ambientais, econômicos e sociais.

Adicionalmente, também surgem soluções relacionando custos econômicos e impactos socioambientais em práticas de projeto e gerenciamento de obras, através da adoção de tecnologias como o *Building Information Modelling* - BIM (ALMEIDA et al., 2016; CHONG; LEE; WANG, 2017; SANTOS; COSTA; GRILO, 2017) e metodologias como a *Lean Construction* (DE CARVALHO; GRANJA; DA SILVA, 2017).

Enquanto os sistemas de avaliação de custos das construções são concentrados no uso de dados quantitativos (KIM; PARK; SHIN, 2013; ZHANG et al., 2014), do outro lado, a maioria dos instrumentos de avaliação ambiental e sustentabilidade das construções ainda tem um forte caráter qualitativo (CHEN; LI, 2006; GANGOLELLS et al., 2009).

De fato, os orçamentos e sistemas de custo são baseados em métricas quantitativas (e.g., quantidade de recursos consumidos, volume de resíduos gerados, tempo gasto na atividade) (ANDALUSIAN GOVERNMENT, 2017; CYPE INGENIEROS, 2018; PINI, 2013), combinados com os dados de projetos e suas listas de quantidades (*bill of quantities* – BOQ) (LI et al., 2014; SANDANAYAKE; ZHANG; SETUNGE, 2016). Entretanto, sistemas ambientais e de sustentabilidade muitas vezes escolhem critérios subjetivos (e.g., avaliação de especialistas, escalas de comparação) para inclusão e exclusão de indicadores, definição das métricas, pesos e agregação, reunidos para equacionar as diferentes dimensões da sustentabilidade (BOCCHINI et al., 2014; GANGOLELLS et al., 2009).

Recentemente, novas metodologias e sistemas propõem reduzir a subjetividade nos modelos de previsão dos impactos ambientais gerados pelas construções. Gangolells et al (2014) utilizaram dados da lista de quantidades globais do empreendimento na definição de uma escala de pesos para prever e comparar impactos ambientais (GANGOLELLS et al., 2009, 2014). Chen et al (2000) estabeleceram um índice (*construction pollution index* - CPI)

para estimar a magnitude dos impactos das atividades em função da sua duração prevista no cronograma de construção (CHEN; LI; WONG, 2000). Os dados quantitativos visam, principalmente, aumentar a confiabilidade destes modelos, permitindo avaliar as soluções construtivas disponíveis e comparar projetos.

Em resumo, a integração entre as bases de custos e os modelos de avaliação do desempenho ambiental pode contribuir para aperfeiçoar ambas as ferramentas. Os dados quantitativos das bases de custo podem auxiliar a reduzir a subjetividade das ferramentas ambientais. Ao mesmo tempo, os indicadores ambientais podem ampliar o escopo das bases de custos, adicionando critérios sustentáveis na descrição das atividades e permitindo uma comparação para além da dimensão econômica na escolha e planejamento das atividades.

Além disso, tais bases de custos são de uso corrente na prática de construção, algumas até mandatórias e/ou referência no mercado de construção local. Os dados estatísticos de consumo e produtividade destas bases passam por revisão constante da instituição mantenedora, com coleta de dados diretamente do setor produtivo. As bases de custos também estão presentes em boa parte dos conteúdos curriculares de cursos como engenharia civil, engenharia de produção e arquitetura. Portanto, tais características podem ser utilizadas para disseminar conhecimento ambiental entre construtoras e profissionais da construção.

Diante do apresentado, o objetivo deste artigo foi identificar a presença de indicadores ambientais em bases de dados de custos passíveis de serem extraídos para uso em sistemas de controle ambiental.

7.2 Metodologia do capítulo

A Figura 75 mostra o quadro de análise adotado no capítulo, compreendendo três etapas. A primeira etapa levantou um panorama sobre as contribuições das bases de dados de custos no estado da arte da pesquisa ambiental e no estado da técnica da gestão da construção. A segunda etapa implementou uma matriz de avaliação da comunicação ambiental sobre as bases de custos. A etapa final classificou e analisou os resultados, comparando o desempenho de cada ferramenta quanto a qualidade de comunicação de informações ambientais.

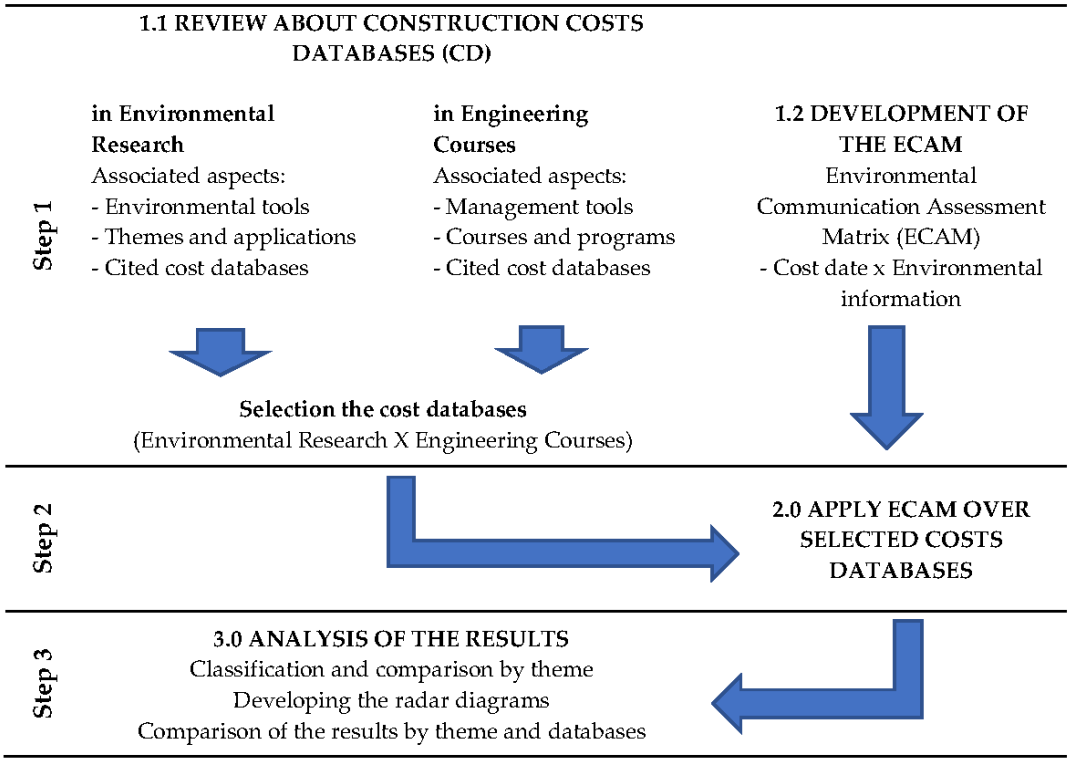


Figura 75 – Quadro de fluxo do estudo (BORJA et al., 2019)

A análise do uso das bases de custos na pesquisa ambiental adotou como método uma revisão sistemática da literatura (RSL) de um conjunto de artigos recentes na base COMPENDEX do *Engineering Village*. A RSL classificou e analisou tais artigos por tema abordado, região da pesquisa, ferramentas ambientais utilizadas, base de dados de custos citada e qual a aplicação destas bases no estudo ambiental.

A identificação das bases de custos brasileiras adotou como método a análise documental dos projetos pedagógicos dos cursos (PPC) e/ou dos seus ementários, os quais foram obtidos nos sítios eletrônicos dos referidos cursos como descrito no Apêndice 9 (Quadro 31). O critério de busca foi a ocorrência do termo "base de dados de custos", "custos de construção" e/ou "composições unitárias de custo". A coleta de dados foi aplicada para uma amostra de curso de engenharia civil para cada unidade da federação do Brasil, preferencialmente oriundos de universidades federais.

Na seleção das bases de custos, os critérios gerais foram a revisão do estado da arte e o reconhecimento pelo setor de construção (BORJA et al., 2018). A análise da literatura resultou na seleção de três bases internacionais. Por sua vez, na seleção das três bases nacionais, o número de citações nos ementários dos projetos de cursos analisados prevaleceu.

Para avaliar as bases de custos foi definido um instrumento, *Environmental Communication Assessment Matrix* (ECAM), para relacionar os dados de custo com o grau de detalhe da informação associada. As variáveis foram agrupadas em 5 temas: comunicação e informação (IC), consumo de recursos e geração e resíduos (RW), demanda por serviços públicos (PS), uso de máquinas e geração de poluição (MP), e saúde e segurança ocupacional (HS). A seleção desses temas considerou aspectos ambientais relevantes previstos em regulamentos internacionais como o *Eco-Management and Audit Scheme – EMAS* (EUROPEAN COMMISSION, 2013b) e artigos científicos que tratam da avaliação de aspectos ambientais na construção (CHEN; LI; WONG, 2000; GANGOLELLS et al., 2009; MATEUS; BRAGANÇA, 2011).

Uma escala de pesos (w) foi definida para caracterizar a qualidade da informação de cada registro na base de custos (Quadro 24), de acordo de como a informação pode contribuir para uma melhor percepção da relação entre o dado de custo e o aspecto ambiental, onde: 0, sem informação ou baixa qualidade; 1, informação parcial; e 2, para informação ampla.

Os valores arbitrados para os indicadores forem adicionados para cada um dos 5 temas (S1, S2, S3, S4 e S5). Assim, o valor global foi obtido pela seguinte expressão:

$$S_i = \sum_{k=1}^{n} w_k \tag{5}$$

Onde S_i representa o valor do desempenho do tema ambiental para cada base de custos selecionada, com o índice i variando de 1 a 5 (5 temas); w sendo o valor adotado para caracterizar a qualidade da informação ambiental do dado avaliado a partir da base de custos, com o índice k variando segundo o número de números de indicadores por tema.

Para comparar o desempenho entre as diferentes bases de custos analisadas, os resultados da Equação (1) foram normalizados, obtendo-se valores normalizados para os 5 temas (S1, S2, S3, S4 e S5) segundo a Equação (2):

$$s_i = \frac{S_i}{S_{i,max}} \tag{6}$$

Finalmente, o índice global (G) do desempenho de cada base de custo foi obtido pela soma dos valores normalizados (S_i) para os 5 temas de acordo com a Equação (3):

$$G = \sum_{i=1}^{5} s_i \tag{7}$$

Tema a) / Indicador (b)	***w* = 0 (c)**	***w* = 1**	***w* =2**
IC Informação e Comunicação			
IC1 interface do usuário	impressa	web	web e programa computacional
IC2 aquisição	Licença anual	Uso limitado (gratuita) ou completo (pago)	Livre sem restrições
IC3 características reportadas	Taxa de consumo, composições unitárias	taxa de consumo, composições unitárias e procedimentos	taxa de consumo, composições unitárias e procedimentos e especificações
IC4 projeto parametrizado	não disponível	tamanho da construção	tamanho da construção e condições ambientais
IC5 atividades parametrizadas	não disponível	por materiais ou condições de trabalho	por materiais e condições de trabalho
IC6 customização da base de dados	não disponível	Preços locais	Preços locais, novos materiais e novas atividades
IC7 resultados reportados	não disponível	quantidades globais	quantidades globais e relatórios (e.g., Diagrama de Gantt, Curva ABC)
RW Consumo de recursos e geração e resíduos			
RW1 sistemas mais sustentáveis	não disponível	alguns casos	Capítulo de sistemas mais sustentáveis
RW2 madeira certificada	não disponível	informada na especificação	disponível para seleção
RW3 materiais reciclados	não disponível	concreto e agregados	concreto e agregados e outros
RW4 outros materiais mais sustentáveis	não disponível	alguns casos	grupos de materiais mais sustentáveis
RW5 gestão de resíduos	não disponível	Apenas coleta e remoção	Gestão de resíduos (controle da geração, separação e coleta)
RW6 geração de resíduos	não disponível	estimada em percentagem	estimada por massa e volume
RW7 classificação de resíduos	não disponível	não padronizada	padrão nacional
PS Serviços públicos			
PS1 consumo de água pela produção	não disponível	estimada para serviços tradicionais exceto movimentação de solo	estimada para serviços tradicionais e movimentação de solo
PS2 consumo de água pelos trabalhadores	não disponível	estimada para serviços tradicionais ou movimentação de solo	estimada para serviços tradicionais e movimentação de solo
PS3 consumo de energia elétrica	não disponível	estimada para serviços tradicionais exceto movimentação de solo	estimada para serviços tradicionais e movimentação de solo
MP Máquinas e emissão de poluição			
MP1 circulação de máquinas e veículos	não disponível	Para atividade auxiliar (produtividade por distância média)	Para a atividade principal (produtividade por distância média)
MP2 consumo de combustível	não disponível	estimada para movimentação de terra	estimada para movimentação de terra e serviços tradicionais
MP3 equipamento emissor de ruído e vibração	não disponível	informada, mas não quantificada	Informada e quantificada
MP4 informação do nível de ruído	não disponível	na descrição da atividade	Na atividade e controle das ações
HS Saúde e Segurança			
HS1 Demanda de trabalhadores	não disponível	por atividade	por atividade e global
HS2 Requerimentos para riscos ocupacionais	não disponível	requisitos legais	requisitos legais e procedimentos
H3 Classificação dos riscos ocupacionais	não disponível	por tipo de profissional	Por tipo de profissional e riscos de exposição

(a) Temas selecionados forma adaptados de EMAS, Chen et al (2000) Gangolells et al (2009), e Mateus; Bragança (2011)
(b) indicadores durante a fase de construção. (c) escala de peso (**w**) adaptada para caracterizar a qualidade da informação ambiental dos dados disponíveis. Onde **w** pode ser 0 (sem informação ou de baixa qualidade), 1 (informação parcial) e 2 (informação ampla).

Quadro 24 – Matriz de Avaliação da Comunicação Ambiental (ECAM)

7.3 Um panorama sobre as bases de custos de construção

Na análise do custo do ciclo de vida (LCC) uma das etapas iniciais é conhecer as quantidades de serviços e recursos consumidos no processo construtivo, bem como suas externalidades (e.g., perdas, resíduos, emissões, incômodos). Uma importante ferramenta que auxilia este processo são as denominadas bases de dados de custos, as quais reúnem dados setoriais da demanda de recursos, serviços e mão de obra por atividades construtivas, considerando a produtividade das equipes. As bases de dados de custos surgiram para reunir e padronizar esses dados, auxiliando a quantificação de serviços e orçamentação de obras. Em geral, tais bases de dados de custo são utilizadas para determinar o preço de serviços e a elaboração de orçamentos das construções, tomando como base as taxas de consumo de recursos (inclusive perdas) por atividade e a lista de quantitativo das atividades que compõem a construção a ser realizada (CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2018; CYPE INGENIEROS, 2018; PINI, 2013).

7.3.1 Aplicações das bases de custo de construção na avaliação de aspectos ambientais.

O Quadro 25 apresenta um resumo dos resultados da revisão sistemática por tema e aspecto ambiental abordado, método de análise ambiental adotado, base de custos citada e qual foi a sua aplicação no referido estudo. Segundo o Quadro 25, as bases de custos estão presentes em estudos de temas ambientais diversos, tais como geração de resíduos, avaliação de materiais de construção, uso de energia, emissão de poluição, demanda hídrica, riscos ocupacionais e comparação entre práticas construtivas visando menor impacto. A Figura 76 mostra um recorte da análise aplicada sobre as referências selecionadas no Quadro 25.

Referência	Tema (aspecto) / Região	Método	Base	Aplicação da base de dados de custos
(MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017)	CDW (estimativa em projetos de infraestrutura urbana) / Brasil	LCA. LCC. Design optimization	TCPO, ORSE, SINAPI	Identificação dos sistemas de custos e resíduos gerados baseados no orçamento
(MÁLIA et al., 2013)	CDW (indicadores de geração local) / Europa	Estimate for mass/area. Units Equalization	GP CYPE	Estimativa de quantidade de resíduos por área construída
(LLATAS, 2011)	CDW (estimativa na fase de projeto) / Europa	LCA. Units Equalization.	BCCA	Estimativa de resíduos e perdas durante a construção
(SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009)	CDW (quantificação e gestão) / Espanha	BOQ. Units Equalization. Case study	BCCA	Estimativa de quantidade de resíduos por unidade de serviço
(HADDAD; LASSIO, 2016)	Impactos ambientais de materiais de construção	LCA. Case study. Material and energy flow.	TCPO, SimaPro	Identificação do fluxo de entradas e saídas. Estimativa de consumo de materiais por unidade de serviço.
(DE LASSIO et al., 2016)	Impactos ambientais de materiais de construção	LCA. Case Study.	TCPO, SimaPro	Estimativa de consumo de materiais por unidade de serviço
(SOUZA, 2014)	Demanda hídrica (estimativa na construção)	Curve ABC. Gantt Chart.	TCPO	Estimativa do consumo de água por serviço para determinar a demanda hídrica no processo de construção
(MEDEIROS et al., 2018)	Impactos ambientais dos sistemas construtivos	LCA	SINAPI, SimaPro, Ecoinvent	Identificação do fluxo de entradas e saídas. Estimativa do consumo de materiais por unidade de serviço
(GANGOLELLS et al., 2013)	Impactos Ambientais Locais e Risco a Saúde e Segurança	ISO 14001:2004 OHSAS 18001:2007	ITeC	Para identificar as seções de trabalho na construção de edifícios residenciais
(PALACIOS; MOLINA, 2017)	Construção mais sustentável (comparação de custos)	CESSUC. Case Study.	InterPro 2010	Estimar e comparar custos referenciais de construção e relação a construções mais sustentáveis
(MATEUS, 2009)	Construção mais sustentável (práticas sustentáveis)	LCA. MARS-H	Fichas by LNEC	Quantificação e comparação entre construção tradicional e mais sustentável
(TADEU et al., 2015)	Retrofit de energia de edifícios históricos	Cost optimally, LCA and LCC	GP CYPE	Obtenção de custos (materiais, sistemas, operação e manutenção) para analisar a otimização de custos
(SERRANO; ÁLVAREZ, 2016)	Impacto de Energia e Emissões (Habitação)	LCA. Emissions balance.	GP CYPE, LIDER + CALENER.	Estimativa de custos de urbanização e manutenção gerados por projetos habitacionais
(KNEIFEL, 2010)	Eficiência energética e emissões de carbono (edifícios novos)	LCA. LCC. Integrated design	RS Means	Estimar as implicações de custos das emissões de carbono baseado em energia
(ALMEIDA et al., 2016)	Eficiência Energética e Emissões de Carbono (renovação de edifícios)	LCC. Annex 56 by IEA EBC.	GP CYPE	Estimativa dos custos de investimento, manutenção e substituição na renovação de edifícios

Notes: a) Temas: Construction and Demolition Waste (CDW). **b) Métodos:** Life Cycle Assessment (LCA), Life Cycle Cost (LCC), Bill of Quantities (BOQ), Método de Evaluación de la Vivienda Sustentable (CESSUC); Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Edifícios de Habitação (MARS-H); International Energy Agency Energy in Buildings and Communities (IEA EBC). **c) Base de dados:** Tabela de Composições de Preço (TCPO); o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) – SINAPI e o Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE); Gerador de Preços CYPE (GP CYPE); Base de Costes de la Construcción de Andalucía (BCCA); Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC); Calificación Energética para Vivienda y Pequeños Edificios Terciarios (CALENER VYP); Limitación de Demanda Energética (LIDER).

Quadro 25 - Aplicações de base de custos na literatura ambiental

As bases de custos têm diferenças aplicações e interagem com os estudos através de diferentes temas, materiais e métodos. Na maioria dos casos, essas bases serviram como fonte para aquisição de dados quantitativos de serviços construtivos ou para descrição e análise qualitativa das etapas do processo de construção (Figura 76).

No primeiro caso, entre os dados quantitativos obtidos destacam-se as médias de consumo de recursos (materiais e serviços) e a estimativa de perdas e geração de resíduos de construção e demolição (CDW) (LLATAS, 2011; MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017; MÁLIA et al., 2013; MÁLIA; BRITO; BRAVO, 2011). A estimativa adota como referência inicial o orçamento previsto para a obra e a descrição da sua lista de quantidades (BOQ) e aplica sobre estes as taxas das bases de custos para consumo de

recursos e geração de resíduos por unidade de serviço. No segundo caso, os estudos ambientais usam a estrutura das composições unitárias para identificar as atividades envolvidas e analisar o fluxo do processo (e.g. entradas/saídas, massa/energia).

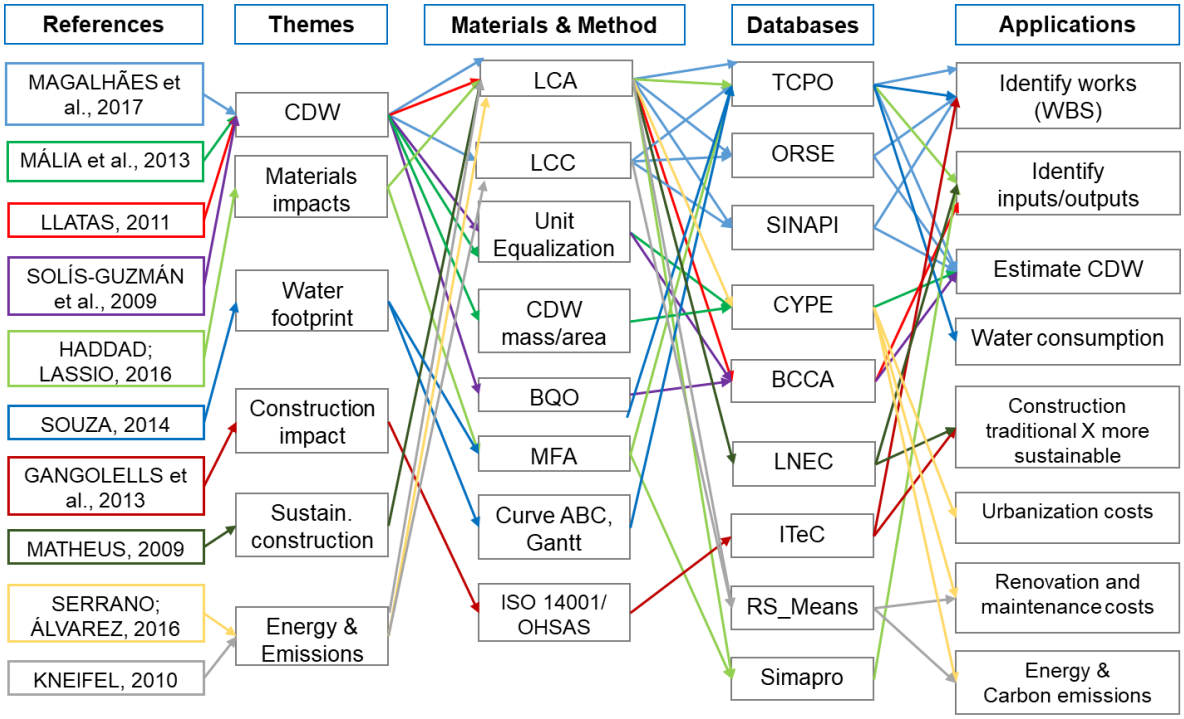


Figura 76 – Correlações entre temas, métodos, bases de dados e aplicações (BORJA et al., 2019).

Entre os temas neste grupo estão a avaliação da sustentabilidade dos materiais empregados (DE LASSIO et al., 2016; HADDAD; LASSIO, 2016), a comparação de sistemas construtivos e proposição de práticas mais sustentáveis (MATEUS, 2009; PALACIOS; MOLINA, 2017), e a emissão de poluição e eficiência energética (ALMEIDA et al., 2016; SERRANO; ÁLVAREZ, 2016; TADEU et al., 2015).

Os estudos relacionados no Quadro 25 e analisados na Figura 76 utilizaram métodos e ferramentas ambientais diversas, algumas já recorrentes em análises da sustentabilidade como *life-cycle analysis*, material *flow analysis*, balanço massa/energia. Também foram observadas metodologias recentes como a Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Edifícios de Habitação – MARS-H (BRAGANÇA; MATEUS; KOUKKARI, 2010; MATEUS, 2009) ou a *Calificación Energética para Vivienda y Pequeños Edificios Terciarios* (CALENER VYP) (SERRANO; ÁLVAREZ, 2016).

Os dados extraídos e a estrutura das composições que compõem as bases de custos dão suporte à descrição de atividades e a quantificação das suas entradas e saídas em estudos combinados com *Material Flow Analysis* (MFA) (NESS et al., 2007), *Material Input per unit of Service* (MIPS) (BORJA et al., 2018).

Além dos artigos científicos citados, guias de sustentabilidade e sistema de certificação também usam as bases de custos para estimar perdas e geração de resíduos de construção. Como exemplo, os dados de perdas de materiais e produtividade da TCPO presentes na certificação Casa Selo Azul da Caixa Econômica Federal ((JOHN; PRADO, 2010) ou os dados de geração de resíduos da CYPE no *Best environmental management practice for the building and construction sector* do *Institute for Prospective Technological Studies* da União Europeia (JCR JOINT RESEARCH CENTER, 2012).

Algumas ferramentas de gestão frequentemente associadas ao uso de base de dados também foram citadas nos artigos, a exemplo da *bills of quantities* (BOQ) (SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009), o Gráfico de Gantt e a Curva ABC (SOUZA, 2014), e a Análise do Fluxo de Materiais (HADDAD; LASSIO, 2016).

Entre as ferramentas e bases de custos citadas estão bases internacionais, nacionais e regionais de diferentes países. Algumas bases como a CYPE e RM Means têm aplicações em vários países, enquanto outras têm aplicações nacionais como base de dados do *Institute of Technology of Catalonia* (BEDEC ITeC) (ITEC, 2018), a *Base de Costes de la Construcción de Andalucía* (BCCA) (ANDALUSIAN GOVERNMENT, 2017) e *a Base de Precios de la Construcción de la Comunidad de Madrid* – BCC (COMUNIDAD DE MADRID, 2007) na Espanha, e as Fichas de Rendimento do Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC) (MANSO; FONSECA; ESPADA, 2005).

No mercado de construção brasileiro foram citadas, bases de custo nacionais e regionais (DE LASSIO et al., 2016; HADDAD; LASSIO, 2016; MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017; MEDEIROS et al., 2018; SOUZA, 2014), como a Tabela de Composições de Preço (TCPO) (PINI, 2013) e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) (CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2018), bem como uma base regional, o Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE) (DE HABITAÇÃO, 2018), que vem sendo aplicado também em outras regiões em estudos e comparativos (ALMEIDA, 2009).

A análise cruzada dos conceitos e ferramentas ambientais combinados com ferramentas comuns nas práticas de gestão da construção evidencia a importância da integração para aproximar prática e teoria ambiental das atividades de construção e assim aumentar a confiabilidade dos métodos de avaliação.

7.3.2 Ocorrência das bases de custos de construção nos currículos dos cursos de engenharia no Brasil

A análise documental identificou apenas três bases de custos de construção nos 27 cursos de engenharia analisados (Apêndice 10 - Quadro 32). Os achados apontam que a Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) se destaca entre as bases de citadas, presente em 21 dos 27 cursos analisados (78%), bem acima do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) que foi citado por apenas 4 cursos (11%) e do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) por 3 cursos (7%).

Nos currículos dos cursos estas bases de custos estão associadas a temas e conceitos diversos (Tabela 6). Os temas diretamente relacionados aos orçamentos de obras estão entre os mais citados, a exemplo dos conceitos de composições de custos unitário (85%) e de bonificações diretas e indiretas (67%). Entretanto ainda foi baixa a referência à indicadores como o Custo Unitário Básico (CUB), apenas 2 casos, nas ementas dos cursos de engenharia da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).

De uma forma mais ampla, as bases de dados também são utilizadas como fonte de suporte para tradicionais ferramentas de planejamento e gerenciamento da construção. Entre estas técnicas e ferramentas, as mais citadas nas amostras foram o cronograma físico-financeiro (85%), a análise das interdependências com as redes PERT/CPM (67%), o estudo do uso de recursos com a Curva ABC (41%), a agregação dos custos ao longo do tempo com a Curva S (33%), a análise do nivelamento das atividades através da linha de balanço (33%) e do diagrama de Gantt (26%). Apesar da pouca ocorrência, merece registro que foram encontradas citações de bases de custos associadas a temas ambientais e de sustentabilidade, tais como gestão de resíduos no curso do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), a avaliação dos custos no ciclo de vida no Instituto Federal da Paraíba (IFPB) e o controle de perdas na *Lean Construction* na Universidade Federal do Espirito Santo (UFES).

Tabela 6 – Temas e conceitos associados com bases de dados de custos nos cursos

Temas e Conceitos	Registros	%
(a) Índices e conceitos relacionados ao orçamento		
Composições de custos unitários	24	89%
Bonificação Direta e Indireta (BDI)	18	67%
Custo Unitário Básico (CUB) (na UFPI, UFMT e UNIPAMPA)	3	11%
(b) Ferramentas e técnicas relacionadas a gestão		
Cronograma físico-financeiro	23	85%
PERT/CPM	18	67%
Curva ABC	11	41%
Curva S	9	33%
Linha de Balanço (LOB)	9	33%
Diagrama de Gantt	7	26%
(c) Outros temas		
Leiaute de canteiros de obras	6	22%
Lean construction (na UFAL, UFES e UFMG)	3	11%
Gestão de resíduos (na IFPE)	1	4%
Life-cycle cost assessment - LCA (na IFPB)	1	4%

Notas: Universidade Federal do Piauí (UFPI); Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT); Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA); Universidade Federal de Alagoas (UFAL); Universidade Federal do Espirito Santo (UFES); Universidade Federal de Minas Gerais; Instituo Federal da Paraíba (IFPB). Fonte: Análise documental dos Projetos Pedagógicos dos Cursos—PPC.

O levantamento identificou muitas disciplinas as quais suas ementas ou conteúdos citam explicitamente as bases de custos de construção. A Tabela 7 apresenta essas disciplinas agrupadas em três grandes áreas: a) gestão e planejamento; b) projeto; c) orçamento; e; d) tecnologias das construções.

Tabela 7 – Cursos nos quais os programas fazem referência a bases de custos

Tema	Cursos	Registros	%
Gestão e Planejamento	Planejamento da construção. Gestão da construção. Planejamento e controle da produção. Planejamento e gestão da construção.	18	74%
	Controle da Produção. Controle do processo de construção.	8	30%
	Qualidade da Construção (na UFMS e UFG)	2	7%
	Controle de perdas de construção (na UFPI)	1	4%
Projeto	Projeto de construção civil. Projeto de Edifícios I. Gestão de projetos (na UFC e UFRJ)	2	7%
Orçamento e LCC	Orçamento na construção. Gestão de cursos. Especificações e orçamentos.	13	48%
Tecnologia da Construção	Construção I e II. Construção de edifícios I e II.	13	48%
	Tecnologia das Construções I e II.	7	26%

Nota: Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); Universidade Federal de Goiás (UFG); Universidade Federal do Piauí (UFPI); Universidade Federal do Ceara (UFC); Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
Fonte: Análise Documental dos Projeto Pedagógicos dos Cursos - PPC (Autor, 2018).

Algumas disciplinas associadas com a área de transporte também citam conceitos de custos. Na disciplina Estradas, estas bases estão associadas às etapas e materiais que compreendem a execução dos serviços, como nas ementas dos cursos da Universidade de Brasília (UNB), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Instituto Federal de Rondônia

(IFRO), Universidade Federal do Espirito Santo (UFES) e Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) no Rio Grande do Sul. Em outros casos, as ementas estavam limitadas ao projeto geométricos das vias, como na Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Federal de Tocantins (UFT), Universidade Federal de Santana Catarina (UFSC), Universidade Federal do Piauí (UFPI) e Instituto Federal de Pernambuco (IFPE).

As disciplinas identificadas (Tabela 7) possuem um conjunto de referências bibliográficas em comum sobre temas como orçamento, gestão e tecnologia da construção. A Tabela 8 apresenta os 10 livros mais citados pelas ementas das disciplinas associadas às bases de custo. Este conjunto de livros, portanto, tem uma forte influência na formação dos futuros engenheiros e nas suas práticas, considerando que tendem a ser utilizados como referência durante o curso e no exercício profissional.

Tabela 8 - 10 livros mais citados nos programas de cursos relacionados a bases de custo

Livro	Registros	%
LIMMER, C V. Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras.	22	81%
YAZIGI, Walid. A técnica de edificar.	15	56%
TISAKA, M. Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.	13	48%
BERNARDES, M. Planejamento de controle da produção para empresas de construção civil.	12	44%
GOLDMAN, Pedrinho. Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira. São Paulo: PINI.	10	37%
MATTOS, A. D. Como preparar orçamentos de obras.	10	37%
MATTOS, A. D. Planejamento e controle de obras.	9	33%
GIAMUSSO, S. E. Orçamento e Custos na Construção Civil, Editora PINI, São Paulo.	9	33%
DIAS, Paulo R. V. Engenharia de custos: uma metodologia de orçamentação para obras civis. Itaperuna, RJ.	8	30%
GUEDES, Milber F. Caderno de encargos.	7	26%

Fonte: Análise documental dos Projeto de Pedagógicos dos Cursos - PPC (Autor, 2018).

7.3.3 Seleção das bases de custos considerando o estado da arte e estado da técnica

Segundo os critérios estabelecidos no quadro de análise da pesquisa (Figura 75), ou seja a análise cruzada entre bases de custos mais citadas na revisão bibliográfica e análise documental dos projetos dos cursos, seis bases de custos foram selecionadas para estudo, sendo 3 bases nacionais e 3 bases internacionais. A Figura 77 mostra o fluxo adotado para seleção das bases de custo e suas principais características.

O primeiro grupo reuniu três bases brasileiras: a Tabela de Composições de Preço (TCPO); o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) – SINAPI e o Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE). O segundo grupo reuniu três bases internacionais: O gerador de preços da CYPE; a *Base de Costes de la Construcción*

de Andalucía (BCCA) (ANDALUSIAN GOVERNMENT, 2017); e a *Base de Precios de la Construcción de la Comunidad de Madrid* (COMUNIDAD DE MADRID, 2007).

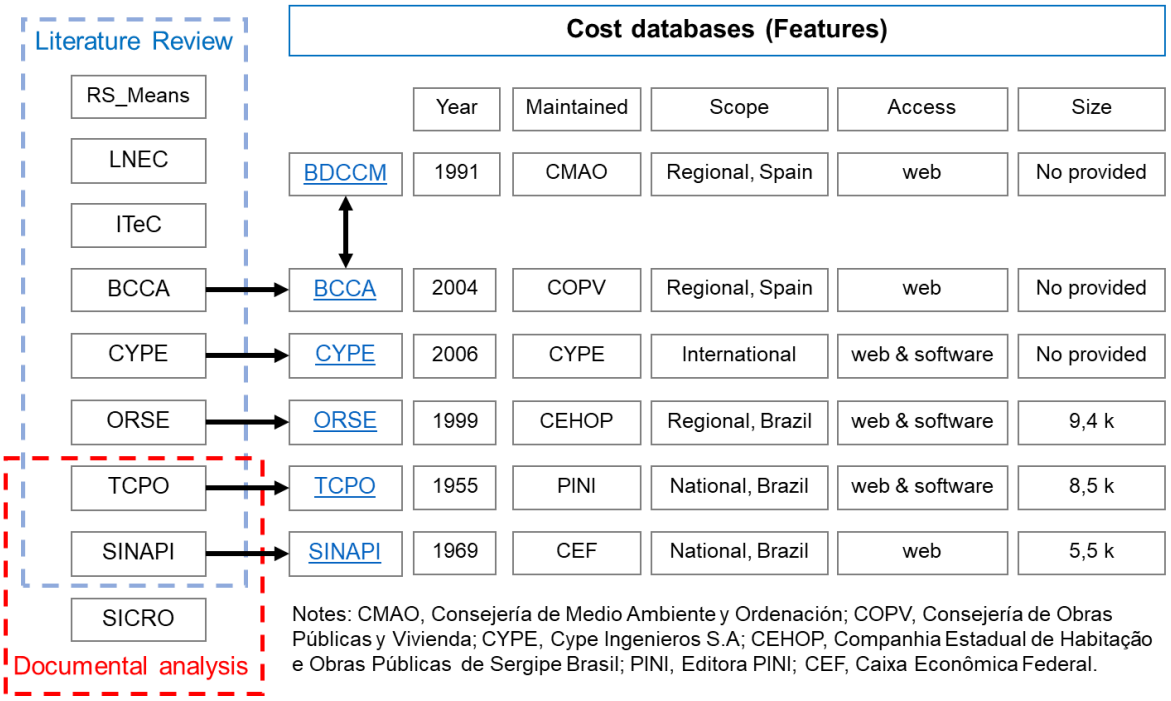


Figura 77 – Bases de dados e suas principais características (BORJA et al., 2019).

a) Sistemas de custos brasileiros selecionados – SINAPI, TCPO e ORSE

A TCPO e o SINAPI são considerados as principais bases de abrangência nacional (DE LASSIO et al., 2016; HADDAD; LASSIO, 2016; MILION; PALIARI; LIBONI, 2016) enquanto a ORSE é uma base que vem ampliando sua área de atuação nos últimos anos (ALMEIDA, 2009; MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017).

A TCPO foi lançada pela editora PNI, em 1955, inspirada na classificação *Master Format* adotada nos Estados Unidos e Canadá (PINI, 2013). A codificação da TCPO compreende uma estrutura em 5 níveis: divisão, subdivisão, natureza do item, tipo e finalmente o item propriamente dito. O código da subdivisão descreve o sistema construtivo e o código da natureza descreve se o item está relacionado à mão de obra, material, equipamento, custos financeiros ou serviços (PINI, 2013). A TCPO reúne duas bases de dados (Edificações e Infraestrutura) em mais de 8.5 mil composições unitárias de serviços.

O SINAPI é um sistema de custos e índices da indústria da construção. Ele foi criado em 1969 e, desde então, é mantido pela Caixa Econômica Federal (CEF) e atualizada com os preços coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nas 27 unidades da federação (ALMEIDA, 2009; CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2018).

Os preços do SINAPI são referência obrigatória para orçamento e contratação de obras públicas com recursos da União (BRASIL, 2013), inclusive oferecendo orçamentos de referências paras as tipologias recorrentes no mercado de construção.

O ORSE foi desenvolvido e é mantido pela Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe (CEHOP) e pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) (ALMEIDA, 2009; MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017; PEREIRA; CARDOSO, 2012). Segundo dados do seu sítio eletrônico, atualmente possui em sua base de dados 9626 insumos e 9445 composições de serviços cadastradas (CEHOP, 2018).

b) Sistemas de custos internacionais selecionados – CYPE, BCCA e BDCCM.

O gerador de Preços (GP CYPE) é uma base de dados internacional mantida pela *Cype Ingenieros* (CYPE INGENIEROS, 2018) com versões adaptadas para 27 países. A base reúne informações sobre insumos e atividades quanto a preços, técnicas construtivas, resíduos gerados, emissões de CO2, manutenção e riscos operacionais (CYPE INGENIEROS, 2018). Entre as versões foi escolhida a versão brasileira a qual apresenta dados para três tipos de obras: obras novas, reformas e infraestrutura.

A *Base de Costes de la Construcción de Andalucía* (BCCA) é mantida pela *Consejería de Obras Públicas y Vivienda* (COPV) com suporte do *Consejo Andaluz de Colegios de Aparejadores y Arquitectos Técnicos* (SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009). A BCCA, criada em 2004, é resultado da sistematização e ordenação da classificação das obras na região da Andaluzia, continuando ação iniciada em 1884 pela antiga *Fundación Codificación y Banco de Precios de la Construcción* (FCBP) através do primeiro Sistema de Classificação (BARÓN CANO et al., 2016). A classificação de preços básicos da BCCA compreende famílias e subfamílias.

A *Base de Precios de la Construcción de la Comunidad de Madrid (BDCCM)* foi lançada em 1991 e, desde então, vem sendo reavaliada periodicamente (COMUNIDAD DE MADRID, 2007). A sua última versão foi lançada em 2007, editada pela *Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación.*

7.4 Resultados e discussão sobre a análise das bases de custos

7.4.1 Sistema de classificação e quantificação

No geral, as bases de dados estão estruturadas em níveis hierárquicos e utilizam descritores para facilitar a consulta e edição, portando, podendo ser acessados em bloco ou

individualmente. As composições são organizadas em etapas (e.g., preparação do canteiro, fundações, estrutura, vedação, instalações e acabamento) as quais agrupam sistemas construtivos semelhantes. Neste sentido, a BDCCM se organiza em 4 níveis: área, capítulo, subcapítulo, e grupo (COMUNIDAD DE MADRID, 2007). A TCPO, por sua vez, , possui codificação em 5 níveis: divisão, subdivisão, natureza do item, tipo e item (PINI, 2013).

Cada composição tem uma codificação própria baseada em um sistema de classificação reconhecido, na qual a sequência inicial indica a etapa e o sistema construtivo, e a sequência seguinte faz referência à mão de obra, material, equipamento, custos financeiros ou serviços. Entre os sistemas de classificação das informações de construção adotados estão o *MasterFormat* que serviu de base para a TCPO (PINI, 2013), e as *Normas Tecnológicas de la Edificación* (NTE) adotada pela BCCA (JUNTA DE ANDALUCÍA, 2017) e BDCCM (COMUNIDAD DE MADRID, 2007)

Estes sistemas de classificação de obras e serviços guardam relação com a estrutura analítica de projeto (*Work Breakdown Structure -WBS)*. Assim, como observado na revisão, o orçamento analítico gerado por estas bases de custos pode ser utilizado também como fonte para identificar as etapas construtivas e o fluxo de materiais e serviços (entradas e saídas) (CONDEIXA; HADDAD; BOER, 2017; DE LASSIO et al., 2016; HADDAD; LASSIO, 2016; MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017).

Os recursos produtivos quanto a natureza podem ser insumos, máquinas, serviços e mão de obra. Assim, os descritores são utilizados para qualificar e quantificar os insumos e mão de obra (descrição, unidade de medida e custo), as composições (descrição, aplicação, unidade de medida e os coeficientes de consumo e de mão de obra) e as despesas (diretas ou indiretas). Entretanto, a grande variedade de insumos e serviços quanto a natureza e método de quantificação, dificulta a agregação e comparação em estudos ambientais, por exemplo, no balanço de massa e energia. A dificuldade é parcialmente contornada através da adoção de técnicas de equalização de unidades, como pode ser observado em alguns dos artigos citados da revisão (LLATAS, 2011; MÁLIA et al., 2013; SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009).

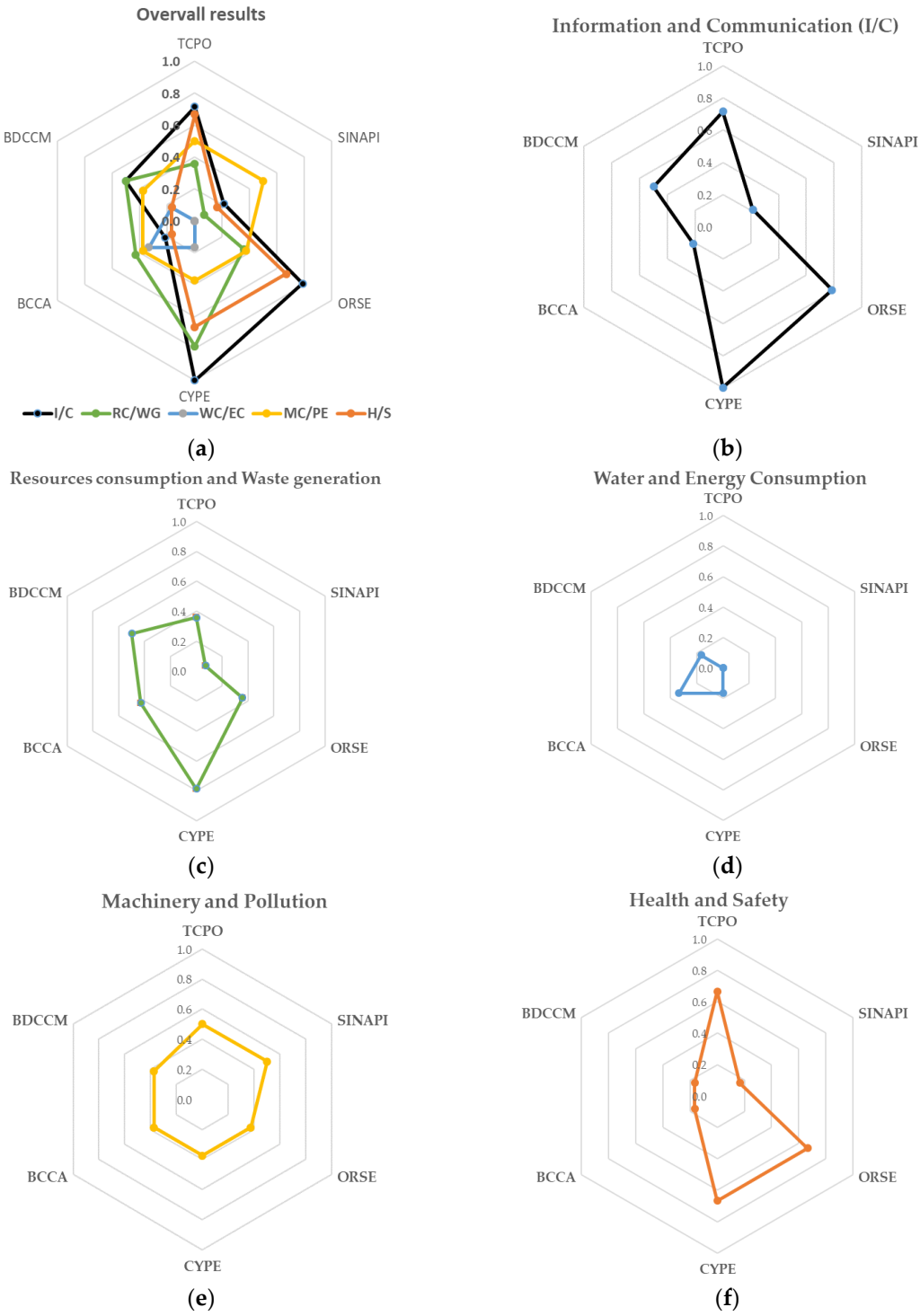
7.4.2 Achados da avaliação das bases de custo

A Tabela 9 apresenta os resultados da matriz de avaliação a comunicação ambiental de cada uma das bases de custo por temas e aspectos.

Tabela 9 – Resultados da matriz de avaliação da comunicação ambiental .

Informação e Comunicação	**TCPO**	**SINAPI**	**ORSE**	**CYPE**	**BCCA**	**BDCCM**
interface do usuário	2	1	1	2	0	1
aquisição	0	2	2	2	2	2
características reportadas	2	0	2	2	1	1
parametrização de projeto	0	0	0	2	0	2
parametrização de atividades	2	0	2	2	0	0
customização da base de dados	2	0	2	2	0	1
resultados reportados	2	0	2	2	0	0
score (s1)	**10**	**3**	**11**	**14**	**3**	**7**
máximo score possível	14	14	14	14	14	14
score padronizado (s1)	**0.7**	**0.2**	**0.8**	**1.0**	**0.2**	**0.5**
Consumo de Recursos e Geração de Resíduos	**TCPO**	**SINAPI**	**ORSE**	**CYPE**	**BCCA**	**BDCCM**
sistemas mais sustentáveis	1	0	1	2	1	2
madeira certificada	0	0	0	0	0	0
materiais reciclados	1	0	1	1	1	1
outros materiais mais sustentáveis	1	0	1	2	1	2
gestão de resíduos (serviços)	1	1	1	2	2	1
geração de resíduos	1	0	1	2	1	1
classificação de resíduos	0	0	0	2	0	0
score (s2)	**5**	**1**	**5**	**11**	**6**	**7**
máximo score possível	14	14	14	14	14	14
score padrão (s2)	**0.4**	**0.1**	**0.4**	**0.8**	**0.4**	**0.5**
Consumo de água e energia	**TCPO**	**SINAPI**	**ORSE**	**CYPE**	**BCCA**	**BDCCM**
consumo de água para produção	0	0	0	1	2	1
consumo de água pelos trabalhadores	0	0	0	0	0	0
consumo de energia elétrica	0	0	0	0	0	0
score (s3)	**0**	**0**	**0**	**1**	**2**	**1**
máximo score possível	6	6	6	6	6	6
score padronizado (s3)	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.2**	**0.3**	**0.2**
Circulação de Máquinas e Emissão de Poluição	**TCPO**	**SINAPI**	**ORSE**	**CYPE**	**BCCA**	**BDCCM**
circulação de máquinas e veículos	1	1	1	1	1	1
consumo de combustível	1	1	0	0	0	0
equipamento emissor de ruído/vibração	2	2	2	2	2	2
informação do nível e ruído	0	0	0	0	0	0
score (s4)	**4**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**
máximo score possível	8	8	8	8	8	8
score padronizado (s4)	**0.5**	**0.5**	**0.4**	**0.4**	**0.4**	**0.4**
Saúde e Segurança	**TCPO**	**SINAPI**	**ORSE**	**CYPE**	**BCCA**	**BDCCM**
demanda de trabalhadores	2	1	2	2	1	1
requisitos para riscos ocupacionais	2	0	2	2	0	0
classificação dos riscos ocupacionais	0	0	0	0	0	0
score (s5)	**4**	**1**	**4**	**4**	**1**	**1**
máximo score possível	6	6	6	6	6	6
score padronizado (s5)	**0.7**	**0.2**	**0.7**	**0.7**	**0.2**	**0.2**

A Figura 78 apresenta os resultados normalizados da aplicação do modelo de avaliação de desempenho da comunicação ambiental para cada uma das bases de custos selecionadas, como descritos na Tabela 9. A fim de facilitar a comparações foram elaborados diagramas tipo radar tanto para os valores globais quanto para cada um dos aspectos abordados.



Descrição dos diagramas de radar por temas: (**a**) resultados globais para os 5 temas; (**b**) Informação e Comunicação; (**c**) Consumo de Recursos e Geração e Resíduos (**d**) Consumo de água e energia; (**e**) Máquinas e Emissão de Poluição; (**f**) Saúde e Segurança.

Figura 78 – Desempenho das bases de custos segundo a Matriz de Avaliação da Comunicação Ambiental (BORJA et al., 2019)

7.4.3 Interface (informação e comunicação)

Todas as seis bases selecionadas se assemelham quanto a modelo de classificação dos registros, como também na forma de acesso através de sítios eletrônicos. Entretanto, estas mesmas bases apresentam diferenças significativas em alguns aspectos, como tamanho da base de dados, interface de utilização e comunicação dos resultados. A análise de como a plataforma (interface) das bases de dados pode auxiliar na gestão da informação e comunicação ambiental utilizou parâmetros adaptados do ciclo PDCA recorrente na avaliação de projetos de construção (SHEN et al., 2010). Assim, a análise documental e dos sistemas informatizados identificou como os dados e informações disponíveis podem contribuir no planejamento, aplicação, controle e atuação no processo de construção.

Algumas possuem sistemas informatizados integrados para o acesso dos registros, bem como customização das entradas e saídas das informações. Nestes casos, a utilização é feita por software próprio (TCPO e ORSE) ou diretamente no seu sítio eletrônico (BDCCM). Nas demais bases os dados se resumem em composições analíticas disponíveis apenas em arquivo de texto (BCCA) ou em planilha (SINAPI), esta compatível com editores eletrônicos comerciais (e.g. Microsoft Excel).

Nos sítios eletrônicos também foram identificados documentos auxiliares que descrevem a metodologia e o sistema de classificação adotado. Alguns destes, a exemplo da TCPO, ORSE e GP CYPE, disponibilizam orientações quanto às referências normativas, procedimentos de controle e critérios de medição. Tais documentos se limitam às questões de qualidade e segurança e saúde ocupacional, com poucos casos de critérios relacionados aos impactos ambientais e incômodos gerados no entorno.

Aquelas com sistemas informatizados possuem algum nível de customização do seu banco de dados para, por exemplo, informar características do empreendimento, adicionar novos materiais, alterar e criar composições. No GP CYPE, o usuário pode ajustar as características da obra com informações como área construída, área e número de pisos, condições de acessibilidade e topografia, tipo de projeto (e.g., unifamiliar, multifamiliar), localização e distância até a área licenciada de destinação e resíduos, além de escolher entre 20 tipos de geometria de planta pela ocupação do terreno.

Além disso, alguns dos sistemas (TCPO, ORSE e GP CYPE) contam com ferramentas de gestão da construção para suporte ao planejamento e acompanhamento dos serviços, tais como relatórios de insumos e atividades, Curva ABC, gráfico de Gantt e cronograma físico financeiro. A BBCA, por sua vez, não permite a manipulação dos dados, apenas a consulta,

via sítio eletrônico, dos documentos que descrevem as composições de serviços, a metodologia (memória), a classificação sistemática e as atualizações de preços coletados (JUNTA DE ANDALUCÍA, 2017).

7.4.4 Recursos e resíduos

Nas bases de custos selecionadas os recursos produtivos compreendem itens como materiais, pessoal e equipamento, os quais são reunidos na composição unitária de serviço. O conceito de consumo adotado é a soma da quantidade teórica necessária mais as perdas do processo de construção (aquisição, estoque, aplicação) (ALMEIDA, 2009; PINI, 2013) e produtividade. Esta quantidade (teórica e perdas) define o coeficiente de consumo por unidade de serviço.

A BCCA adota coeficientes de consumo e taxas de produtividade médias. Entretanto, as demais bases (TCPO, ORSE, GP CYPE e BDCCM) permitem a escolha de faixas de consumo e produtividade. Esta escolha está de acordo como o conceito de produtividade variável (PINI, 2013), porém limitada à dimensão econômica. Tal abordagem poderia ser estendida ao conceito de desempenho ambiental, influenciado por fatores produtivos (tecnologias, capacitação da equipe e controle). Todavia, enquanto a escolha da faixa de produtividade de um serviço permite identificar variações de indicadores econômicos (custos e tempo), esta não permite identificar diretamente a variação de aspectos ambientais.

Na estrutura do banco de dados, os sistemas e materiais de construção tradicionais, muitos deles com baixo desempenho ambiental, ainda são predominantes, abordando os materiais de baixo impacto apenas em casos isolados. Na TCPO, por exemplo, ainda são listados materiais associados à riscos ocupacionais como telhas e tubos de cimento amianto (PINI, 2013). Na BCCA, apenas um capítulo dos 17 contém explicitamente os serviços ambientais. Apesar disso, este capítulo (Gestão de Resíduos) não aborda a redução ou controle da geração se limitando a um controle tipo fim-de-tubo de retirada de resíduos: a) metais e ligas metálicas, b) asfaltos e alcatroados, c) concreto, cerâmicos e gesso.

Nas demais bases (TCPO, SINAPI, ORSE e BDCCM) não foi previsto um capítulo de serviços ambientais, nestas os serviços de remoção de resíduos gerados durante a limpeza do terreno ou demolição, estão inseridos na etapa “Serviços Preliminares”. Entre as bases analisadas, apenas a CYPE incorpora algum sistema de classificação para a massa de resíduos segundo dois marcos legais, a Resolução 307 CONAMA de 2002 (BRASIL, 2002) e a Instrução nº13 IBAMA (IBAMA, 2012), além de estimar os resíduos gerados em massa e volume.

Mesmo naqueles poucos casos onde abordam os materiais e serviços que podem apoiar práticas mais sustentáveis, a comunicação das bases de dados ainda é orientada pela dimensão econômica. Por exemplo, as lâmpadas estão diferenciadas pelo custo, quando também poderiam ser diferenciadas por eficiência energética (e.g., consumo de energia, lux, durabilidade). No reuso de materiais, a exemplo de formas para concreto, a informação contida nas bases de dados diz respeito mais a variação de custo da atividade em função do consumo do material (madeira ou metal) do que ao menor impacto ambiental.

Algum avanço pode ser verificado na adoção de sistemas construtivos mais sustentáveis já difundidos, como a captação solar para aplicações térmicas e fotovoltaicas. A GP CYPE e BDCCM contêm capítulos que reúnem sistemas solares (captação, armazenamento e distribuição) enquanto na base ORSE apenas algumas poucas atividades isoladas. Na base SINAPI, por sua vez, não foram identificados serviços de captação solar, apesar de ser uma fonte energia incentivada via financiamento da própria CEF a mantenedora da SINAPI.

Observa-se que a poucas ações ambientais identificadas nas bases de dados têm alguma vantagem econômica associada e de fácil percepção pelos construtores ou futuros usuários. Assim é o caso, nos exemplos citados de uso de lâmpadas mais eficientes e adoção de aquecimento solar para chuveiros (redução da conta de energia), reuso das formas de madeira para concreto (redução do custo com aquisição de madeira).

7.4.5 Serviços públicos (infraestrutura urbana)

Os recursos e serviços fornecidos pela infraestrutura urbana (facilidades) participam nas bases de custos de uma forma diferente daqueles recursos produtivos adquiridos nos fornecedores da construção (insumos e serviços). Os insumos de origem no mercado da construção têm geralmente seus custos identificados e quantificados em cada uma das composições unitárias da qual fazem parte. Do outro lado, itens como água e energia são negligenciados, apesar de presente na maioria das atividades construtivas e com significativos impactos ambientais (GANGOLELLS et al., 2009).

Na maioria das bases, o consumo de água e energia não é quantificado por serviço, sendo frequentemente considerados como simples despesa vinculada às atividades administrativas (PINI, 2013). A forma ou até ausência da quantificação do consumo de água e energia dificulta não apenas estimar a demanda destes recursos como também inviabiliza o uso de ferramentas de controle, tais como a Curva ABC (SAADE; SILVA; SILVA, 2014; THOMAS et al., 2017), para análise do consumo total, ou a Curva S (LU et al., 2016) para estudo do seu consumo no tempo.

A análise das composições das bases citadas constatou que muitos dos seus processos demanda água para diversos usos, desde insumo a ser adicionado (e.g., produção de concretos e argamassa, diluição e tintas), como facilitadora (e.g., preparação de formas, cura de concreto, aspersão controlar a umidade de agregados e diminuir emissões de poeira) até o consumo de água pela mão de obra.

Para facilitar a análise, foi feita uma classificação dos resultados em grupos por usos e atividades. O primeiro grupo reuniu o uso da água nas atividades tradicionais de construção (fundação, estrutura, vedações e acabamentos), onde geralmente a água é incorporada à peça construtiva. O segundo grupo reuniu aquelas atividades com alta demanda de água, como a movimentação de terra, fundações profundas (cravação ou perfuração) e limpeza de superfícies. O terceiro grupo investigado foi o uso da água pelo canteiro para manutenção das suas instalações, redução de poeiras e consumo pelos operários.

Em relação ao primeiro grupo (atividades construtivas tradicionais), apenas GP CYPE e BDCCM consideram o consumo de água como custo variável, o que permitiria analisar tanto a demanda hídrica por serviço, quanto compará-lo entre serviços. Nas demais bases (TCPO, SINAPI e ORSE) o consumo de água é considerado apenas como despesa fixa.

No caso do segundo grupo (serviços de alta demanda de água), apenas a BCCA evidencia a água como custo variável na composição unitária da atividade. Entretanto, a BCCA endereça o uso de água potável mesmo para serviços de movimentação de terra, quando poderia incentivar o uso de água de reuso, por exemplo. Neste sentido, foram identificadas 67 citações relativas ao insumo água potável, na grande maioria como item das composições de serviços de terraplanagem e compactação de solos (com uso de caminhão cisterna), estacas para fundação (por cravação ou perfuração), limpeza de superfícies e paisagismo. Na BDCCM e GPP CYPE o custo da água não é evidenciado, mesmo no caso dos serviços de movimentação e compactação limita-se ao custo do caminhão cisterna. Na TCPO e ORSE o consumo e custo da água não é evidenciado nas suas composições.

Entre os três, o terceiro grupo de uso da água (canteiro de obra) foi o que mostrou menos controle sobre o consumo de água, onde nenhuma das bases apresentou qualquer variável para acompanhamento da demanda hídrica de suas atividades.

A abordagem do consumo de energia foi semelhante àquela aplicada ao consumo de água. O uso de energia está associado às máquinas e equipamentos elétricos (e.g., compressores, elevadores, serras elétricas) contidos nas composições de custos. Entretanto, em geral, as bases analisadas consideram o consumo de energia elétrica como despesa em vez de um custo variável da atividade.

Na revisão da literatura ambiental, algumas estratégias buscam preencher esta falta de dados quantitativos para estimar o consumo de água e energia. Gangolells et al (2009) combinou dados estatísticos de consumo por área construída com as quantidades dos serviços de construção. Souza (2014) estimou a demanda hídrica tomando como referência quantidade e as especificações dos serviços, recomendações técnicas e o pessoal da obra.

7.4.6 Máquinas, veículos e poluição

As máquinas são equipamento de grande porte (estacionários ou móveis) que cumprem funções especificas no processo de construção. Na TCPO, o termo "máquinas" é adotado para equipamentos de maior porte (e.g., escavadeiras, elevadores de carga, gruas, bate-estacas) enquanto o termo "ferramenta" para o equipamento de pequeno porte de propriedade do operário (PINI, 2013).

Nas bases de custo é comum associar o nome da composição com a principal máquina envolvida na atividade, diferente das atividades que envolvem veículos como apoio a sua execução, com a composição nomeada pela função dos veículos (transporte, carga e descarga). Nas bases de dados em geral, as máquinas e veículos de maior porte e suas composições estão reunidos em capítulos específicos, a exemplo do capítulo "Máquinas, Veículos e Equipamentos" na TCPO, "Infraestrutura" no ORSE, na classe "Custo horários de máquinas e equipamento - CHOR" no SINAPI, e "Maquinaria" na BCCA e BDCCM.

A circulação de máquinas e equipamentos contribui para gerar diversos impactos e incômodos no entorno direto (vizinhança) e no espaço urbano devido a emissão de fumaça, ruído e vibração. Entretanto, as bases de dados analisadas não evidenciam tais indicadores ambientais que poderiam ser utilizados no controle destes impactos.

Dados de consumo de óleo diesel por atividade foram identificados em 129 composições da TCPO relacionados com a hora produtiva das máquinas e equipamentos, entretanto, nestas composições não foram identificadas referências a termos associados como "fumaça" ou "poluição" nos seus procedimentos de execução. Nas demais bases (SINAPI, ORSE, CYPE, BCCA e BDCCM) não foram encontrados dados de consumo de combustíveis.

Na busca, o termo vibração estava normalmente associado à descrição das máquinas envolvidas na atividade (e.g. rolo compactador autopropelido, compactador de placa vibratória, vibrador de imersão) ou para atender alguma característica nas peças de concreto (e.g., adensamento, consistência). Nas bases de dados não foram identificados procedimentos de controle das vibrações geradas, mesmo naquelas atividades como cravação de estacas e demolição. A exceção foram as atividades com uso de explosivos e

riscos ao canteiro e entorno, as quais exigem a necessidade de planejar a sequência do serviço para reduzir as vibrações (PINI, 2013).

Uma alternativa para estimar estes aspectos seria usar uma combinação de intensidade e tempo. Assim, o consumo de combustível serviria como base para estimar a poluição do ar (queima de gases e fumaça), a taxa de geração de ruídos para estimar a poluição sonora e o tempo de operação de algumas máquinas para estimar o incomodo da vibração.

7.4.7 Segurança e saúde (ocupacional)

As bases de custos analisadas apresentam um mesmo padrão para classificação e quantificação da mão de obra. Os operários são classificados segundo sua atividade profissional (e.g., pedreiro, carpinteiros, armador) a qual é atribuído um custo unitário por hora (homem-hora). O custo direto da mão de obra é a soma do tempo de cada profissional multiplicado pelo seu tempo estimado na atividade, considerando também os padrões de produtividade da equipe e tecnologias envolvidas (PINI, 2013).

Assim, conhecida a quantidade de cada atividade pode ser extraído os tempos dos operários de forma global ou por atividade profissional, permitindo estimar os custos de mão de obra e as equipes. Em geral, os programas de segurança do trabalho utilizam o tamanho destas equipes e os riscos normalmente associados às atividades profissionais para planejar a demanda de equipamentos de proteção (individuais e coletivos), bem como as ações de treinamento, fiscalização e controle. Considerando que adotam o perfil profissional como critério chave para classificar a demanda de trabalho, a estrutura dessas bases pode levar os usuários a ignorar fatores importantes como as condições de trabalho e a exposição ao risco.

As bases TCPO, ORSE e GP CYPE Brasil abordam em suas descrições as normativas e procedimento executivos de cada atividade aplicáveis às questões de segurança e saúde ambiental. Nestas bases, a principal norma de segurança é a NR-18 Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (BRAZIL, 2015). Na descrição das atividades citam vários dos riscos físicos, químicos e biológicos associados à construção e listados pela NR-18 (e.g., choque elétrico, desmoronamento, projeção de partículas, explosão, queda de objetos, queda de altura). Todavia, tais bases de custos não apresentaram dados quantitativos que permitiriam mensurar estes riscos, portanto deixando a escolha das medidas de segurança a critérios subjetivos. Assim, a abordagem adotada não considera casos como de uma mesma atividade executada que em condições diferentes poderia apresentar riscos diferentes. Como exemplo, um orçamento de construção, com etapa que contenha revestimento de paredes externas não diferencia o risco de um revestimento no

térreo daquele em andares elevados. No térreo provavelmente é maior o risco de impacto por queda de objetos enquanto nos andares elevados aumenta o risco de queda em altura.

Neste sentido, as bases de custos poderiam além de informar o risco em função da classe/atividade poderia também informar os riscos em função das condições de trabalho e exposição ao risco (e.g., queda de altura, queda de objetos).

7.4.8 Resultados globais

A Tabela 10 apresenta os valores de desempenho normalizados por tema segundo a equação (2) e os valores globais para cada base de custos obtidos com a equação (3).

Tabela 10 – Valores Globais (G) do desempenho das bases de dados de custos

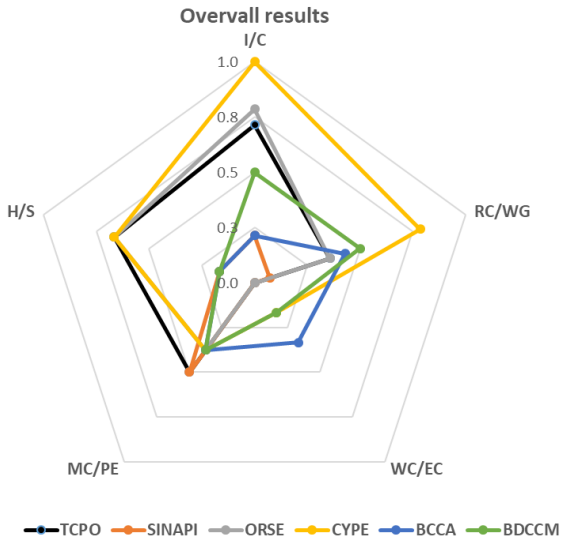
Tema	TCPO	SINAPI	ORSE	CYPE	BCCA	BDCCM	Média
IC	0.7	0.2	0.8	1.0	0.2	0.5	0.6
RC/WG	0.4	0.1	0.4	0.8	0.4	0.5	0.4
WC/EC	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.2	0.1
MC/PE	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
H/S	0.7	0.2	0.7	0.7	0.2	0.2	0.5
Soma (G)	2.3	1.0	2.3	3.1	1.5	1.8	

Notas: Informação e Comunicação (I/C), Consumo de Recursos e Geração de Resíduos (RC/WG), Consumo de Água e Energia (WC/EC), Circulação de Máquinas e Emissão de Poluição (MC/PE), Saúde e Segurança Ocupacional (H/S).

No geral, as bases de custo analisadas apresentaram baixo desempenho na maioria dos aspectos de comunicação ambiental, especialmente no consumo de água e energia, uso de máquina, emissão de ruídos e poluição, e informações relacionadas à segurança e saúde. Os aspectos de consumo de água e energia foram aqueles que apresentaram as piores médias para o conjunto de bases de custo. De fato, exceto a BCCA, as outras bases consideram a água como uma despesa do canteiro sem apresentar um método para quantificar o seu consumo em função do volume das atividades.

A Figura 79 apresenta o desempenho de cada base de custo para os valores globais segundo os aspectos de avaliação selecionados. Analisando os resultados, observa-se que algumas bases se destacaram na qualidade da informação ambiental associada aos dados disponíveis. Considerando todas as bases, o Gerador de Preços da CYPE (GP CYPE) foi o que apresentou um melhor índice, registrando 3.1 pontos, seguido Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) da PINI Editora e o Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE), ambas com 2.3 pontos. No grupo com os piores resultados ficaram as bases regionais da Espanha, a *Base de Precios de la Construcción de la Comunidad de Madrid*

(BDCCM) com 1.8 pontos e a *Base de Costes de la Construcción de Andalucía* (BCCA), com 1.5 pontos. O pior desempenho foi do o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), com desempenho global de apenas 1 ponto.



Notas: Informação e Comunicação (I/C), Consumo de Recursos e Geração de Resíduos (RC/WG), Consumo de Água e Energia (WC/EC), Circulação de Máquinas e Emissão de Poluição (MC/PE), Saúde e Segurança Ocupacional (H/S).

Figura 79 – Avaliação da Comunicação Ambiental das bases de custos

7.5 Conclusões do capítulo

Este capítulo analisou um conjunto de bases de custo para identificar relações entre dados de custo e informação ambiental. Inicialmente, foi realizada uma revisão sistemática da literatura internacional sobre bases de custos em estudos ambientais, seguida da análise documental dos currículos dos cursos de engenharia para levantamento das bases de custos mais citadas. Esta etapa caracterizou o estado da arte e estado da técnica para a seleção das amostras e definição dos critérios de coleta e de análise dos dados. Posteriormente, foi aplicada uma matriz de avaliação da comunicação ambiental sobre as bases de custos. Finalmente, os resultados do desempenho de cada base de custos foram comparados.

A utilização das bases de custos em estudos ambientais tem aumentando na última década. Entretanto, como observado na revisão bibliográfica, verificou-se que estas ainda são adotadas como instrumento auxiliar para preencher a falta de dados quantitativos na avaliação ambiental. Assim, a partir da estrutura e dos dados que compõem tais bases de custo são extraídas informações que combinadas com ferramentas de análise ambiental permitem obter indicadores ambientais, tais como consumo de recursos (materiais, água e

energia), geração de resíduos e emissões de poluentes. Este processo poderia ser sistematizado, caso as bases de custos incorporassem indicadores ambientais diretos em vez de ter que correlacionar um conjunto de dados com outros instrumentos ambientais.

A análise documental de projeto e ementários de cursos de engenharia no Brasil identificou que as bases de custos são um conteúdo relevante na formação profissional. Todavia, observou-se uma concentração em poucas bases e uma baixa integração com temas ambientais. Embora a análise tenha sido aplicada sobre um amplo conjunto de cursos (um para cada uma das 27 unidades da federação brasileira) para cobrir possíveis diferenças regionais, os resultados mostram que a citações ficaram restritas a apenas três bases, todas estas de abrangência nacional: a Tabela de Composições de Preço (TCPO), o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), e o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO). Entre as três bases citadas pelos 27 cursos brasileiros selecionados, a TCPO obteve o maior número de citações, com 21 ocorrências (78%), bem acima da SINAPI, com 4 casos, e da SICRO, com apenas 3 casos.

Observar-se que, enquanto na análise dos programas dos cursos no Brasil as bases citadas foram todas de abrangências nacional, em países como a Espanha prevalecem as bases locais as exemplo da *Base de Costes de la Construcción de Andalucía* (BCCA) e da *Base de Precios de la Construcción de la Comunidad de Madrid* (BCCM).

Outro achado importante foi quanto a correlação das bases de dados com outros temas. Se por um lado, as bases de custos apresentam uma alta integração com temas como planejamento físico-financeiro da obra (85 % dos casos), por outro lado, as mesmas bases apresentam uma integração de apenas 7% com questões ambientais, como gestão de resíduos (1 caso) e avaliação do ciclo de vida (1 caso). Tais resultados apontam a necessidade de revisão constante dos programas dos cursos como estratégia para melhorar a inserção da dimensão ambiental na formação dos engenheiros e na sua prática profissional.

A aplicação da matriz de avaliação da comunicação ambiental sobre as bases de custo permitiu mapear o desempenho destas segundo os temas selecionados e uma comparação cruzada. Observou-se que, apesar das bases de custos analisadas possuírem estruturas semelhantes quanto a classificação dos registros, estas se diferem bastante quanto a qualidade da informação ambiental segundo os critérios de avaliação aplicados.

No desempenho global as 6 bases analisadas podem ser reunidas em dois grupos. O primeiro grupo reuni as bases com os melhores resultados, O Gerador de Preços da *Cype Ingenieros (GP CYPE), a* Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) da PINI Editora e o Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE).

O Gerador de Preços da CYPE de abrangência internacional, apresentou os melhores resultados seguido pela TCPO de abrangência nacional, ambas bases de custos são mantidas por instituições privadas. A base ORSE ficou com o terceiro melhor desempenho, a qual é mantida pelo setor púbico e de abrangência regional (Estado de Sergipe no Brasil). No segundo grupo ficaram as bases com pior desempenho, as bases regionais da Espanha, *Base de Costes de la Construcción de Andalucía* (BCCA) e *Base de Precios de la Construcción de la Comunidad de Madrid* (BDCCM), tiveram desempenho intermediário, e finalmente o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), mantida por agente público, registrou o pior desempenho entre as 6 bases de custos analisadas.

É importante observar que as bases das regiões da Espanha da Andaluzia e Madri fazem parte de inciativas dos governos locais para promover a melhoria do desempenho do setor da construção regional. Tal estratégia poderia ser estendida para aperfeiçoar ferramentas em outros contextos locais, a exemplo do SINAPI no Brasil, o qual teria um grande potencial para difundir informações ambientais no setor de construção nacional, pois é referência obrigatória em obras financiadas com recursos do governo federal e conta com uma ampla estrutura de coleta de dados mantida pela Caixa Econômica Federal (CEF) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A partir dos resultados, concluiu-se ainda que o uso de sistemas computacionais pode contribuir para melhorar o acesso aos dados, a busca de indicadores e a geração de relatórios mais completos visando melhorar a qualidade das informações e orientar as práticas de construção. Neste sentido também, ficou evidente a importância de um modelo consolidado para a classificação dos dados de construção a fim de facilitar a coleta e comunicação dos dados não apenas junto aos usuários das bases, como também na integração destas com outros sistemas de gestão.

Os agentes envolvidos no desenvolvimento e manutenção das bases de custos têm um papel importante nesta ação, pois estes sistemas alcançam um grande público de usuários, compreendendo estudantes em formação (graduando e técnicos), orçamentistas, engenheiros de planejamento e gestores de obras. Apesar deste fato, algumas bases estudadas ainda apresentem lacunas importantes.

Os resultados apontam para a confirmação da hipótese inicial na qual ferramentas tradicionais como as bases de custos podem contribuir para além da gestão econômica do processo de construção. Essas bases de custos ao incorporar novos indicadores podem auxiliar o planejamento e controle dos impactos locais e aumentar a consciência ambiental dos agentes de construção visando canteiros de obra de menor impacto.

8 MÉTODO QUANTITATIVO PARA PREVISÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS EM CANTEIROS DE OBRAS.

Este capítulo resultou na publicação do artigo "*A Quantitative Method for Prediction of Environmental Aspects in Construction Sites of Residential Buildings*" publicado em 4 de junho de 2018 no volume 10 da Revista *Sustainability* (BORJA et al., 2018).

Este capítulo reúne os resultados e contribuições dos capítulos anteriores afim de atender a questão principal e ao objetivo geral da pesquisa como descritos no Quadro 1:

Questão principal da pesquisa: Como prever a intensidade dos aspectos ambientais gerados pelo processo de construção?

Objetivo geral da pesquisa: Desenvolver um método quantitativo de previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras residenciais (Modelagem).

Resumo do capítulo

Apesar das inciativas setoriais, a indústria da construção enfrenta dificuldades de incorporar sistemas eficazes de controle de impactos ambientais em canteiros de obras. A maioria destes instrumentos tem adotado uma abordagem qualitativa das questões ambientais, com poucos casos de abordagem quantitativa. Neste contexto, este capítulo apresenta um método quantitativo para a previsão de aspectos ambientais durante a construção de edifícios residenciais, através da integração entre indicadores ambientais e bases de custos de construção. A metodologia foi baseada na análise das relações entre atividades/serviços, aspectos e impactos ambientais proposto pelo *EU Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS), utilizado para o desenvolvimento do método e sua representação matemática. Um estudo de caso foi implementado para avaliar o método, através da lista de quantitativos (BOQ) de duas construções residenciais para mensuração dos seus aspectos ambientais. Os resultados sugerem a utilidade do método para o processo de tomada de decisão sobre a alocação de sistemas de controle e, em alguns casos, recomendando a execução de serviços fora do canteiro para reduzir os impactos na vizinhança. Adicionalmente, o método se mostrou de fácil aplicação para avaliação de canteiros de obras, bem como flexível para incorporar outras atividades, adaptando-se à demanda de construtores e agentes públicos para reduzir os impactos ambientais dos canteiros de obras.

8.1 Sistemas e métodos de avaliação ambiental do processo de construção.

Sistemas de medição da performance são comuns na indústria da construção, no entanto até recentemente, estes eram restritos a medir custo, tempo e qualidade (GANGOLELLS et al., 2009) como parte do Sistema de Gestão da Qualidade (QMS). A preocupações com os impactos ambientais exigiram ampliar o escopo original para implantar os denominados Sistemas de Gestão Ambiental (EMS) (CHEN; LI; WONG, 2000; GANGOLELLS et al., 2013). Os padrões internacionais para a implantação do EMS incluem a série ISO 14000 e o *Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS) (GANGOLELLS et al., 2013), os quais demandam o desenvolvimento de novas metodologias para medir e controlar o desempenho ambiental (FUERTES et al., 2013).

Um levantamento na base de dados *EI Compendex* e *Scopus* foi realizado visando identificar propostas sobre como integrar práticas sustentáveis ao processo de construção. Em geral, as pesquisas convergem quanto as fontes de impactos ambientais mais relevantes, tais como consumo de recursos, geração de resíduos, emissões atmosféricas, efeitos na biodiversidade, risco de acidentes e incômodos locais (CHEN; LI; WONG, 2000; FUERTES et al., 2013; GANGOLELLS et al., 2009; SHEN et al., 2005; TAM et al., 2006). Entretanto, devido à variedade dos empreendimentos e a complexidade dos fatores envolvidos, ainda não mostram consenso em questões como abrangência, critérios de medição e indicadores.

Algumas metodologias foram desenvolvidas para avaliar um setor específico, como edifícios residenciais (GANGOLELLS et al., 2009; SÁEZ; PORRAS-AMORES; DEL RÍO MERINO, 2015) ou projetos de infraestrutura urbana (GANGOLELLS et al., 2014; MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017). Outras ferramentas avaliam um impacto específico, como os resíduos de construção e demolição (CALVO; VARELA-CANDAMIO; NOVO-CORTI, 2014; SÁEZ; PORRAS-AMORES; DEL RÍO MERINO, 2015; SONG et al., 2017), a emissão de ruído durante a construção (BALLESTEROS et al., 2010; KANTOVÁ, 2017) ou as preocupações das partes interessadas (GANGOLELLS et al., 2011). A técnicas de medição e avaliação podem também ser diferenciadas, quanto a abordagem (quantitativa/qualitativa), seleção e quantificação dos indicadores (inputs/outputs), escolha da técnica de análise (ponderação, agregação, normalização, regressão e comparação cruzada,) e fontes de dados disponíveis, tais fatores influenciam na robustez e sensibilidade dos resultados (SINGH et al., 2009).

Abordagens qualitativas ainda predominam nesses sistemas de avaliação (CHEN; LI; WONG, 2000; GANGOLELLS et al., 2009). Shing et al. (2009) observaram um certo grau de subjetividade na ponderação de indicadores em vários índices de sustentabilidade analisados (SINGH et al., 2009). Esse excesso de subjetividade na medição de indicadores e negligência do contexto local podem comprometer a precisão dos métodos de avaliação dos impactos da construção e dificultar a tomada de decisão (GANGOLELLS et al., 2009).

Segundo Chen et al (2000) , a abordagem qualitativa, essencial na identificação e análise dos riscos, demanda instrumentos quantitativos com a medida de indicadores para controlar os impactos ao longo das fases de construção (CHEN; LI; WONG, 2000). No entanto, segundo Gangolells et al, existem poucos estudos sobre o desempenho ambiental durante a fase de construção e a integração de sistemas de gestão ambiental com sistemas de gestão da construção baseados em modelos quantitativos (GANGOLELLS et al., 2013).

O monitoramento e a comunicação do desempenho ambiental durante a execução da construção permitem que as partes envolvidas identifiquem problemas no processo e adotem medidas para sua correção (SHEN et al., 2005). Com este objetivo, podem ser citados instrumentos como o *Construction Pollution Index* (CPI) (CHEN; LI; WONG, 2000) e o *Environmental Performance Score* (EPS) (SHEN et al., 2005). Enquanto o EPS é baseado em um modelo computacional próprio para medir a performance ambiental do empreendimento (SHEN et al., 2005), o CPI apresenta um modelo para predizer e acompanhar alguns indicadores da poluição (CHEN; LI; WONG, 2000) e o uso de recursos das atividades (LI et al., 2002) que pode ser analisado por ferramentas computacionais.

8.2 O método quantitativo de previsão de aspectos ambientais em canteiros de obras (EAPM)

O EAPM (*Environmental Aspects Prediction Method*) foi desenvolvido a partir da análise dos capítulos anteriores, tentando atender parte das questões relacionadas ao controle dos impactos ambientais identificados no capítulo 3, os indicadores de desempenho e as métricas evidenciadas no capítulo 4, e a oportunidade de aquisição de dados nas bases de custos de construção do capítulo 7. Em resumo, de acordo com o contexto apresentado nos capítulos anteriores, pode-se verificar a necessidade de novas estratégias para auxiliar o setor da construção a incorporar em suas práticas de gestão, os instrumentos de controle de impacto ambiental nos canteiros de obras.

Uma das questões atuais é: como a incorporação de indicadores de gestão ambiental nas práticas de gestão da construção pode auxiliar a controlar e reduzir os impactos locais dos

canteiros de obras, integrando uma abordagem qualitativa na identificação do impacto e uma abordagem quantitativa no monitoramento do desempenho?

Tradicionalmente, a melhoria do controle de impactos ambientais decorrentes das atividades de construção baseia-se no diagnóstico da situação e implementação de novas ferramentas de gerenciamento ambiental. Entretanto, esse processo exige um significativo tempo de aprendizagem e mudanças na cultura organizacional, que podem gerar conflitos e diminuir a adesão entre os agentes envolvidos.

A hipótese é que uma melhoria do controle dos impactos pode ser obtida através de incrementos nas práticas de gerenciamento de construção, ampliando o alcance de suas ferramentas tradicionais com a incorporação de indicadores ambientais. Além disso, o uso deste conhecimento prévio reduziria o tempo de implantação e a curva de aprendizado, além de aumentar a adesão dos agentes envolvidos já habituados com a ferramenta base.

Assim, este capítulo apresenta um modelo quantitativo para a previsão de aspectos ambientais em canteiros de obras através da incorporação de indicadores ambientais em bases de custos de construção. O desenvolvimento do modelo envolveu etapas específicas:

- Revisão da literatura científica internacional e brasileira para a identificação dos principais aspectos ambientais dos locais de construção e seus principais marcos regulatórios.

- Análise de bases de custos reconhecidas pelo setor de construção e seleção de indicadores quantitativos para reduzir a subjetividade na avaliação dos aspectos ambientais.

- Definição da representação matemática do método preditivo de aspectos ambientais.

- Validação do método preditivo através de um estudo de caso.

A avaliação do modelo foi restrita a predição de aspectos ambientais durante a implantação dos canteiros de obras em cidades brasileiras. No estudo de caso foram analisados dois canteiros de obras no centro urbano da cidade de Feira de Santana, cidade de porte médio do estado da Bahia, a 108km da capital Salvador.

8.3 Metodologia adotada na construção do modelo

O desenvolvimento do método de previsão de aspectos ambientais, denominado EAPM, utilizou um quadro conceitual (Figura 80) adaptado da análise das relações entre atividades, aspectos e impactos ambientais proposta pelo *Eco-Management and Audit Scheme* (EMAS). O EMAS define aspecto ambiental, como um elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que tem ou pode ter um impacto no ambiente; impacto ambiental, como qualquer alteração do ambiente, adversa ou benéfica, total ou parcialmente resultante das

atividades, produtos ou serviços de uma organização; e desempenho ambiental, como o resultado mensurável dos seus aspectos ambientais (EUROPEAN COMMISSION, 2009). Estes conceitos de aspectos e impactos ambientais também estão de acordo com a definições propostas pela série ISO 14000 e com sua versão brasileira (ABNT, 2015).

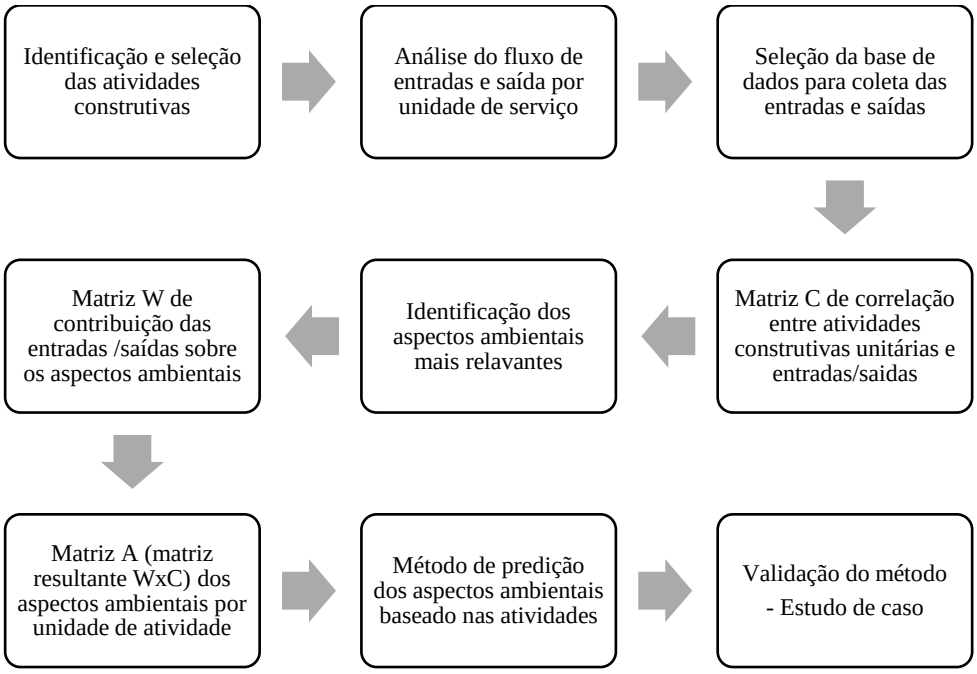


Figura 80 - Quadro conceitual do capítulo descrevendo o fluxo das atividades

A análise das relações entre as atividades construtivas e seus aspectos e impactos ambientais buscou considerar as práticas da indústria da construção local, e seus aspectos de projeto e execução dos serviços em canteiros de médio e grande porte.

Uma pesquisa exploratória foi implementada para fornecer um panorama sobre a distribuição dos prédios residenciais altos e os canteiros em operação na cidade para escolher o estudo de caso para validação do método. Os dados primários foram obtidos junto à equipe técnica do empreendimento, através de questionários, entrevistas e observação in loco.

8.4 Desenvolvimento do EAPM

8.4.1 Contexto e delimitação do objeto da análise

No Brasil, as atividades econômicas seguem a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Esta classificação guarda equivalência com outras classificações internacionais, tais como a *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities* (ISIC) da ONU, a *United Kingdom Standard Industrial Classification of Economic Activities* (SIC), e a *Statistical*

Classification of Economic Activities in the European Community (NACE). O setor de construção corresponde a seção F na CNAE, a qual tem três divisões: construção de edifícios (F-41), obras de infraestrutura (F-42) e serviços especializados para construção (F-43). Neste estudo a abordagem ficou restrita à divisão de Construção de Edifícios (F-41), na qual se enquadra os canteiros de obras de edifícios residenciais multifamiliares. Entretanto, o EAPM pode ser ajustado para outras atividades e tipos de edifícios.

8.4.2 Seleção das atividades construtivas.

Inicialmente, um levantamento na base de dados da EI *Compendex e Scopus* identificou um grupo de artigos relacionados à avaliação ambiental de sites de construção e analisou suas listas de atividades.

O Quadro 26 mostra um o resumo deste levantamento de acordo com os autores e o contexto do estudo. Tais listas de atividades apresentam algumas diferenças quanto a abrangência e detalhamento. Em geral, as metodologias escolheram as atividades mais frequentes (e.g., movimentação de terra, fundações, estruturas, alvenaria, cobertura, esquadrias, sistemas prediais e acabamentos). (CONDEIXA; HADDAD; BOER, 2017; DE LASSIO et al., 2016; GANGOLELLS et al., 2009; LLATAS, 2011; MATEUS; BRAGANÇA, 2011; STOY; SCHALCHER, 2007). Em outros casos, a lista é ampliada incorporando atividades de suporte e logística (e.g., estrutura do canteiro, tratamento de resíduos e transporte) (CHEN; LI; WONG, 2000; SHEN et al., 2005).

A atividades do Quadro 26 podem ser agrupadas em 11 etapas construtivas principais (serviços preliminares, movimentação de terra, fundações, superestrutura, vedações, cobertura, impermeabilizações, acabamentos, esquadrias, sistemas prediais e, limpeza). Entre estas etapas, as três primeiras foram selecionadas para o estudo (serviços preliminares, movimentação de terra, fundações, superestrutura) devido a relação direta com a implantação do canteiro e acrescentada a etapa da superestrutura por possuir subsistemas similares com a etapa fundação.

Contexto	Referência	Atividades construtivas
China	(CHEN; LI; WONG, 2000)	Fundação; estacas de concreto pré-moldado, estacas metálicas, movimento de terra, sistemas de suporte da construção, sistemas de suporte de demolição, concreto aramado, armaduras para concreto, formas para concreto, concreto armado, alvenaria, alvenaria, estruturas de aço, acabamentos, forros, pavimentação, transporte.
	(SHEN et al., 2005)	Movimento de terra e escavação, formas, concreto armado, paredes, cobertura, instalações de componentes, tubulações e drenagem, ornamentação e pintura, paisagismo e tratamento de resíduos.
União Europeia	(LLATAS, 2011)	Limpeza do terreno, movimento de terra, fundações, estruturas, alvenaria, cobertura e pintura.
Espanha	(GANGOLELLS et al., 2009)	Movimento de terra, fundações, estruturas, coberturas, divisórias e fechamentos, impermeabilização, revestimento, pavimentação, portas e janelas.
Portugal	(MATEUS; BRAGANÇA, 2011)	Fundações, pisos, paredes, telhados, janelas e portas.
Alemanha	(STOY; SCHALCHER, 2007)	Fundações, estruturas, paredes externas, paredes internas, pisos e forros, telhados e outras atividades.
Brasil	(COSTA et al., 2005)	Serviços preliminares, fundações, estruturas, fechamento vertical (paredes e revestimentos), fechamento horizontal (pisos, forros, coberturas e impermeabilização), esquadrias, pinturas e sistemas prediais.
	(CARDOSO; ARAUJO, 2007)	Demolição, limpeza de superfície, movimentação de terra, fundações, drenagem, escavação, estrutura, alvenaria, divisões, esquadrias, coberturas, impermeabilização, revestimento vertical, pintura, pavimentação, sistemas prediais, rede enterradas e aéreas e pavimentação.
	(DE LASSIO et al., 2016)	Fundações (concreto armado), estruturas, alvenarias, revestimento, pisos, aplicação de argamassa, portas e janelas, e coberturas.
	(BARREIROS; ABIKO, 2016)	Limpeza de superfície, movimento de terra, fundações, estruturas, tapumes, equipamentos, acabamentos.
	(HADDAD; LASSIO, 2016)	Fundações (concreto armado), estruturas, alvenarias, revestimento de paredes, esquadrias (portas e janelas) e coberturas.
	(CONDEIXA; HADDAD; BOER, 2017)	Fundações, estruturas, telhados, paredes, tetos e forros, portas e janelas, e sistemas elétricos e hidráulicos.

Quadro 26 - Resumo das atividades construtivas segundo os artigos da revisão

A lista de atividade construtivas do modelo foi organizada hierarquicamente em subsistemas e etapas, para permitir a identificação e comparação (SÁEZ; MERINO; PORRAS-AMORES, 2012) segundo o formato *Work Breakdown Structure* (WBS), comum na prática de gestão de projetos para detalhar etapas, orçamento e planejamento, bem como auxiliar no monitoramento da execução dos serviços simultâneos (CHUA; GODINOT, 2006). A atividades foram categorizadas em dois níveis hierárquicos (Quadro 27), com 14 atividades construtivas (nível 2) agrupadas em 5 etapas (nível 1).

Cód.	Fase	Cód.	Atividades (unidades de medida[1])
P01	Preparação do canteiro	P0101	Demolição (m^3)
		P0102	Limpeza do terreno (m^2)
		P0103	Fechamento temporário Tapume (m^2)
		P0104	Abrigo temporário (m^2)
P02	Movimento de terra	P0201	Escavação mecanizada (m^3)
P03	Fundação	P0301	Estaca em concreto pré-moldado (m)
		P0302	Formas para fundação (m^2)
		P0303	Armaduras para fundação (t)
		P0304	Concreto para fundação (m^3)
P04	Superestrutura	P0401	Formas para superestrutura (m^2)
		P0402	Armadura para superestrutura (t)
		P0403	Concreto para superestrutura (m^3)
P05	Serviços especializados	P0501	Fabricação de formas de madeira (m^2)
		P0502	Corte/dobra de armadura (t)

Nota: 1. As unidades de medida das atividades construtivas seguiram o padrão adotado pelas principais bases de custos da indústria da construção no Brasil.

Quadro 27 - Atividades construtivas selecionadas por fase e suas unidades de medida

8.4.3 Entradas e saídas envolvidas

8.4.3.1 Seleção das variáveis de entradas e saídas e padronização das unidades de medida

A entradas e saídas das atividades construtivas foram identificadas através da Análise do Fluxo de Materiais (MFA) (HUANG et al., 2013; MOLDAN; JANOUŠKOVÁ; HÁK, 2012), considerando os diferentes recursos envolvidos (insumos, mão-de-obra, facilidades) e suas externalidades (resíduos e emissões). A quantificação das entradas e saídas adotou como base a metodologia de avaliação da sustentabilidade *Material Inputs Per unit of Service* (MPIS), como proposta pelo *Wuppertal Institute* em meados dos anos de 1990s para promover o conceito do fator 10 (NESS et al., 2007; SINGH et al., 2009). O MIPS considera o fluxo e a intensidade de uso dos materiais associados aos produtos e serviços, a denominada mochila ecológica, a fim de identificar as fontes de impactos e estabelecer seus indicadores de controle (NESS et al., 2007; SINGH et al., 2009).

A análise do fluxo das atividades construtivas resultou em um grupo de 26 entradas/saídas relacionadas às atividades de preparação do canteiro, movimento de terra, fundações e superestrutura. Estas 26 entradas e saídas foram agrupadas em 7 categorias (Quadro 28) compreendendo recursos naturais, recursos manufaturados, facilidades, resíduos, serviços públicos e serviços de transporte.

Categoria	Entradas/saídas (unidade de medida)
Recursos naturais	areia (t), brita (t), madeira (t)
Recursos manufaturados	cimento (t), concreto usinado (t), concreto pré-moldado (t), armadura (t)
Trabalho	trabalho em altura (mh), trabalho em área externa (mh), trabalho em área coberta (mh).
Facilidades	bate-estaca (pmh), pá carregadeira/retroescavadeira (pmh), caminhão betoneira (pmh), rompedor pneumático (pmh), betoneira (pmh), vibrador de concreto (pmh), serra elétrica (pmh).
Resíduos	solo escavado (t), resíduos de concreto/alvenaria (t), resíduos de madeira (t), resíduos de armaduras (t)
Serviços públicos	consumo de água pelos trabalhadores (m^3), consumo de água pelo processo (m^3), consumo de eletricidade (kWh)
Serviços de transporte	tempo de carga de descarga (h), transporte de materiais e resíduos (h)

Nota: unidades de medida: hora produtiva da máquina (pmh), homem hora (mh), quilowatt (kW), metro cúbico (m^3) e, toneladas (t).

Quadro 28 - Entradas e saídas das atividades construtivas por categoria

8.4.3.2 Seleção da base de dados para coleta das entradas e saídas por unidade de serviço

Os indicadores das entradas e saídas por unidade de serviço podem ser obtidos de diversas fontes e em fases distintas do ciclo de vida do empreendimento. Esta escolha é influenciada pelo uso previsto e grau de dificuldade de obtê-los, e tal escolha impacta na confiabilidade e qualidade da análise. Na fase de pré-construção (planejamento e projeto) é comum o uso de dados estatísticos setoriais e de obras de referências para predição dos impactos e planejamento de ações de controle e mitigação (DE LASSIO et al., 2016; MAGALHÃES; DANILEVICZ; SAURIN, 2017). Durante a fase de construção, as médias das quantidades de recursos utilizados podem ser usadas para o controle e ajuste do processo (HK CONSTRUCTION ASSOCIATION, 2013; MORAES; COSTA; ARAÚJO, 2016). No final da construção, pode-se usar valores globais ou médias de consumo registradas para determinar o desempenho e servir de parâmetro para novos canteiros de obras.

Entre as fontes de dados setoriais sobre as atividades de construção disponíveis estão as denominadas base de dados de custos, estas reúnem composições unitárias de serviços agrupadas em sistemas construtivos (e.g., fundações, estruturas, instalações e acabamentos) e suas subdivisões, com os respectivos coeficientes de uso de recursos e produtividade (e.g., consumo de insumo, demanda de mão-de-obra, hora de equipamento). Estas bases de custos podem ter diferentes abrangências (regionais e nacionais) e acessibilidade (gratuitas ou pagas), dependendo da organização responsável pelos dados estatísticos (instituições governamentais, entidades setoriais ou desenvolvedores de ferramentas de gestão).

Para este estudo, algumas bases de custos brasileiras e internacionais foram analisadas para servir de base para o método preditivo. Os critérios de seleção buscaram aquelas que poderiam ser mais facilmente incorporados nas práticas dos pequenos e médios construtores brasileiros, ou seja, aquelas em português ou de origem latina, reconhecidas no setor de construção, de acesso gratuito e disponíveis na web.

Algumas ferramentas de abrangência regional mantidas por instituições governamentais e de acesso gratuito podem ser observadas em países como a Espanha, com a *Base de Datos de la Construcción* (BDC) pela *Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid* (COMUNIDAD DE MADRID, 2007) e a *Base de Costes de la Construcción de Andalucía* (BCCA) pela *Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía* (SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009). No mercado da construção também há bases de dados de organizações setoriais como a Associação dos Industria da Construção Civil e Obras Públicas de Portugal e aquelas de setores privados como o Gerador de Preços da CYPE (CYPE INGENIEROS, 2018) que reúne dados de 27 países. Além do uso em orçamentos, o Gerador de Preços da CYPE também vem sendo utilizado como uma ferramenta auxiliar para estimar o uso de recursos em diversos estudos sobre questões ambientais, tais como análise do ciclo de vida e reabilitação (COSTA et al., 2014; SERRANO; ÁLVAREZ, 2016; TADEU et al., 2015).

No Brasil, exemplos de bases de dados de custos nacionais incluem o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e a Tabela de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) (CONDEIXA; HADDAD; BOER, 2017; DE LASSIO et al., 2016; PINI, 2013). O SINAPI é uma base nacional de acesso gratuito mantida pela Caixa Econômica Federal (CEF), principal banco público brasileiro de fomento da construção, e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e desde 2013 é referência obrigatória para a elaboração da planilha de orçamento de obras e serviços de engenharia com recursos da federais no Brasil. A TCPO reúne mais de 8 mil composições com médias do consumo de recursos por unidade de serviço da construção no Brasil (CONDEIXA; HADDAD; BOER, 2017). Inicialmente, a TCPO adotou como referência o padrão *MasterFormat* e desde então vem sendo adequada à pratica do mercado local através de estudos sobre consumo e produtividade de materiais e mão-de-obra (PINI, 2013). Embora concebidas para tomada de decisão sobre preços, tempo e produtividade, os dados de consumo de recursos, mão de obra, demanda de equipamentos e geração de resíduos por unidade de serviço, também podem ser utilizados para estimar aspectos ambientais.

As bases de custo mencionadas (BDC, BCCA, SINAPI, TCPO e CYPE) possuem uma estrutura similar com composições por serviço e seus coeficientes de consumo agrupados por sistemas de construção. No entanto, essas bases de custos apresentam algumas diferenças quanto à forma de acesso, medida de insumos e uso de indicadores. O acesso a base TCPO requer a aquisição da versão impressa ou uma licença para versão online, enquanto as demais são gratuitas e acessadas via web. A BDC, além da versão impressa também disponibiliza uma plataforma online de acesso às composições por atividade ou palavra chave. A CYPE também fornece uma plataforma, bem como um pacote computacional para acesso off-line.

A forma de estimar o consumo de água é diferenciada entre as bases espanholas e brasileiras. Enquanto nas BDC e BCCA o consumo de água é estimado por serviço, nas SINAPI, TCPO e CYPE o consumo de água é apropriado de forma global nas despesas de administração da obra. Entre as quatro bases de dados apenas o Gerador de Preços da CYPE apresenta explicitamente as estimativas das taxas de perdas (CYPE INGENIEROS, 2018).

Neste contexto, a base de custo do CYPE foi selecionada devido a reunir as seguintes características: a) dados de custo do contexto brasileiro, b) coeficientes de consumo de recursos por unidade de atividade construtiva, c) taxa de geração de resíduos e classificação pela lista brasileira de resíduos sólidos (IBAMA, 2012), e d) acesso gratuito da versão web.

8.4.3.3 Coleta dos dados de entradas/saídas por unidade de serviço (matriz C).

A Matriz *C* com dados coletados dos coeficientes das entradas/saídas por unidade de atividade construtiva foi definida como:

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{i1} & \cdots & c_{ik} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Onde $c_{ik,}$ representa o coeficiente para cada tipo de recurso, resíduo ou serviço por atividade construtiva unitária; com as linhas (i = 1 a 14) representando as atividades construtivas (Quadro 27) e as colunas (k = 1 a 26) representando os tipos de entradas e saídas (recursos consumidos, resíduos gerados e serviços demandados).

Os valores obtidos da matriz C estão descritos no Apêndice 11 (Tabela 19), padronizados em unidades de massa (t), energia (kWh) e tempo (h) para permitir comparação e agregação. Considerando que nas bases de custos, as variáveis apresentam diferentes unidades de medida (e.g., agregados e resíduos são usualmente medidos em volume

aparente, enquanto, cimento e aço são medidos em massa) foram aplicadas taxas de conversão (LI; ZHANG, 2013) para homogeneizar estas quantidades em unidade de massa.

O Quadro 29 descreve os critérios adotados para a aquisição das quantidades da Matriz C de acordo com o tipo de recurso/resíduo/serviço, o indicador e a fonte de dados utilizada.

Categoria	Cód.	Recurso (unidade)	Indicador	Fonte de dados
Recursos naturais	c1	Areia (t)	Consumo de recursos homogeneizado segundo taxa de conversão (se necessário) por atividade.	GP CYPE e CIBIC
	c2	Brita (t)		
	c3	Madeira (t)		
Recursos manufaturados	c4	Cimento (t)	Consumo de recursos homogeneizado segundo taxa de conversão (se necessário) por atividade.	GP CYPE e CIBIC
	c5	Armadura (t)		
	c6	Concreto pré-moldado (t)		
	c7	Concreto pré-misturado (t)		
Mão-de-obra (1)	c8	Trabalho em altura (mh)	Tempo de trabalho em homem-hora por atividade segundo indicadores de produtividade da indústria da construção no Brasil.	GP CYPE e CIBIC
	c9	Trabalho com máquinas/veículos (mh)		
	c10	Trabalho com ferramentas (mh)		
Facilidades	c11	Bate estaca (pmh)	Tempo estimado da hora máquina produtiva por atividade segundo indicadores de produtividade da indústria da construção no Brasil.	GP CYPE
	c12	Retroescavadeira (pmh)		
	c13	Caminhão betoneira (pmh)		
	c14	Martelete pneumático (pmh)		
	c15	Betoneira elétrica (pmh)		
	c16	Vibrador para concreto (pmh)		
	c17	Serra elétrica (pmh)		
Resíduos	c18	Solo escavado (t)	Volume de solo escavado.	GP CYPE
	c19	Resíduo de concreto/alvenaria (t)	Taxa de resíduo estimado	GP CYPE e dados estimados indiretos
	c20	Resíduo de madeira (t)		
	c21	Resíduo de armadura (t)		
Serviços públicos	c22	Água para trabalhadores (m^3)	Consumo de água (m^3) por homem-hora (mh) por atividade considerando o consumo diário em cerda de 80 l/dia.	
	c23	Água para processo (m^3)	Consumo estimado de água por atividade (m^3) por fator água /cimento ou água/serviço.	água/cimento da GP Cype e consumo BCCA
	c24	Energia elétrica (kWh)	Consumo de energia elétrica em hora máquina produtiva (pmh).	GP CYPE e dados estimados
Serviços de transporte	c25	Carga/descarga de materiais (h)	Tempo de carga e descarga obtido das composições auxiliares.	GP CYPE
	c26	Transporte de materiais/resíduos (h)	Tempo de transporte médio	

(1): Classificado segundo o principal risco de exposição associado (altura, máquinas ou ferramentas)
GP CYPE, Gerador de Preço da CYPE (CYPE INGENIEROS, 2018). BCCA, Base de Costes de la Construcción de Andalucia 2017 (ANDALUSIAN GOVERNMENT, 2017). CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CIBIC, 2017)

Quadro 29 - Indicadores e fontes de dados para a aquisição das entradas/saídas do método

No Quadro 29, as quantidades de recursos consumidos e de resíduos gerados foram extraídos diretamente do Gerador de Preços CYPE (CYPE INGENIEROS, 2018), enquanto que para as quantidades das demais categorias foram combinados dados diretos da base de custos e dados indiretos de indicadores de produtividade e especificações dos serviços.

8.4.4 Determinação dos Aspectos Ambientais por Unidade de Serviço

8.4.4.1 Identificação e seleção dos aspectos ambientais significativos

Inicialmente, a seleção dos aspectos ambientais demandaram uma revisão de metodologias de avaliação da sustentabilidade (GANGOLELLS et al., 2009; LI et al., 2002) e de guias de boas práticas de construção (HK CONSTRUCTION ASSOCIATION, 2013; JCR JOINT RESEARCH CENTER, 2012). Na revisão, as interações entre as entradas e saídas das atividades construtivas com o meio foram analisadas para identificar aspectos ambientais significativos, ou seja, aqueles aspectos que podem ter um impacto relevante no meio ambiente, como descrito no EMAS (EUROPEAN COMMISSION, 2009).

Gangolells et al 2008 (GANGOLELLS et al., 2009) em sua metodologia para previsão da severidade dos impactos do processo de construção residencial na Espanha também adotaram a EMAS para selecionar um grupo de 9 categorias dos aspectos ambientais (emissões atmosféricas, descargas de água, geração de resíduos, alteração do solo, consumo de recursos, questões locais, questões de transporte, efeitos na biodiversidade, e incidentes, acidentes e potenciais situações de emergência).

A fim de adequar o modelo ao contexto local, a lista inicial de aspectos ambientais baseada na EMAS (EUROPEAN COMMISSION, 2009) foi compatibilizada com as diretrizes do Programa de Tecnologia de Habitação (HABITARE) reunidas em seu guia "2.6 Levantamento do estado da arte: Canteiro de obras" (CARDOSO; ARAUJO, 2007). O guia foi desenvolvido para análise da sustentabilidade de canteiros na construção de edifícios no Brasil e direcionado para agentes da construção, adaptando guias internacionais como o *Field Guide for Sustainable Construction (Pentagon Renovation and Construction Program*, USA); *Aspects environnementaux dans le BTP impacts en phase chantier* (Enterprise Générales de France B.T.P. Groupe Qualité, France); *NetRegs: building small businesses through environmental regulations (Environment Agency*, UK). Cardoso e Araújo (2007) adotam matrizes de correlação entre atividades construtivas e aspectos ambientais, entretanto a abordagem é qualitativa por ocorrência (inexistente, existente ou mais relevantes).

A análise comparada resultou na seleção de 18 aspectos ambientais, agrupados em 7 categorias (consumo de recursos, geração e manuseio de resíduos, emissões, serviços públicos, serviços de transporte, uso e ocupação do solo e saúde e segurança do trabalhador). As entrada e saídas que contribuem em cada aspecto ambiental estão no Quadro 30.

Categoria	Aspecto ambiental	Unid. [1]	Entradas/saídas contributivas
Consumo de recursos	consumo de recursos minerais	t	c1, c2, c6, c7
	consumo de recursos renováveis	t	c3
	consumo de recursos manufaturados	t	c4, c5, c6, c7
Geração de resíduos	geração de resíduos de concreto e alvenaria	t	c18, c19
	geração de resíduos de madeira e metais	t	c20, c21
Emissão de poluição	manipulação envolvendo poeira / matéria particulada	t	c1, c2, c4, c6, c18, c19, c20
	uso de equipamento mecânico movido a combustível	h	c11, c12, c13
	uso de equipamento emissor de ruído e vibração	h	c11, c12, c13, c14, c15, c16, c17, c25
Serviços públicos	consumo de água	m³	c22, c23
	consumo de energia elétrica	kWh	c24
Serviços de transporte	circulação de máquinas/veículos no local	h	c11, c12, c13, c25
	circulação de máquinas/veículos na cidade	h	c26
Uso do solo	retirada e movimentação e solo	t	c18
	armazenamento de materiais não embalados	t	c1, c2, c3, c5, c6
	armazenamento de materiais embalados	t	c4
Saúde e segurança	trabalho exposto a máquinas	h	c9
	trabalho exposto a queda de altura	h	c8
	trabalho exposto a queda de objetos	h	c10

Note: 1. As unidades de medida foram homogeneizadas para permitir a agregação da contribuição entre as diferentes cargas ambientais (entradas e saídas) das atividades construtivas consideradas.

Quadro 30 - Aspectos ambientais por categoria e as suas entradas/saídas contributivas

8.4.4.2 Contribuição das entradas e saídas sobre os aspectos ambientais (matriz W)

No EAPM, a taxa de contribuição das entradas/saídas para cada aspecto ambiental foi definida segundo uma escala de pesos (variando de 0 a 1). O peso igual a 1 foi atribuído quando o componente altera diretamente o aspecto ambiental e o peso 0 quando não existe alteração ou este é insignificante. Como exemplo, no aspecto ambiental "uso de equipamento emissor de ruído ou vibração" se considerou apenas os componentes da categoria "facilidades" (peso igual a 1). De outro modo, no caso de entradas/saídas de materiais compostos, concreto pré-moldado e concreto pré-misturado foram adotados pesos diferenciados para as frações de seus insumos. Assim, a parcela de cimento afeta o aspecto "consumo de aspectos manufaturados" enquanto a sua parcela de agregados afeta o aspecto "consumo de recursos naturais".

A Matriz *W* com os pesos (taxas de contribuição) das entradas e saídas sobre os aspectos ambientais foi definida como:

$$\mathrm{W} = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{k1} & \cdots & w_{kj} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Onde $w_{jk,}$ é a taxa de contribuição de cada tipo de entrada/saída (em linhas k, variando de 1 a 26) sobre os aspectos ambientais (em colunas j, variando de = 1 a 18).

Os valores da Matriz W estão descritos no Apêndice 12 (Tabela 20).

8.4.4.3 Aspectos ambientais por unidade de serviço (matriz A)

Considerando o consumo de recursos e os resíduos gerados pelas atividades (Matriz C) e como eles alteram os aspectos ambientais locais (Matriz W) foi definida a Matriz A, a qual correlaciona os aspectos ambientais por unidade de atividades construtivas.

A Matriz A é a matriz resultado do produto das matrizes C e W, como descrito abaixo:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & \cdots & c_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{i1} & \cdots & c_{ik} \end{bmatrix} X \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{k1} & \cdots & w_{kj} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Assim, a quantidade de um determinado aspecto ambiental unitário a_{ij} pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$a_{ij} = \sum_{k=1}^{28} c_{ik} \text{ x } w_{kj} \quad (4)$$

Onde: a_{ij} representa o valor do aspecto ambiental unitário da atividade construtiva; c_{ik} o coeficiente de consumo/uso das entradas/saídas; w_{kj} representa os pesos (taxas de contribuição) de cada tipo de entrada/saída por aspecto ambiental. Os valores da Matriz A para o estudo de caso estão descritos no Apêndice 13 (Tabela 21).

8.4.5 Determinação dos Aspectos Ambientais Globais do Empreendimento

A estimativa das alterações dos aspectos ambientais locais a serem geradas por cada canteiros de obras foi calculada aplicando os quantitativos dos serviços sobre a matriz de aspectos ambientais unitários.

8.4.5.1 Quantitativos dos serviços do empreendimento

As quantidades podem ser obtidas na documentação da obra, mais especificamente da lista de quantitativos do empreendimento (BOQ) que relaciona o uso de recursos (materiais, demanda de trabalho e equipamentos) de cada atividade (LI et al., 2016). De fato, vários estudos sobre desempenho usam o BOQ como fonte de dados para coletar indicadores de aspectos ambientais e impactos de atividades construtivas.(GANGOLELLS et al., 2009, 2013, 2014). Os dados extraídos da BOQ também são utilizados em estudo de temas específicos, tal como no desenvolvimento de modelos para estimativa de RCD (LI et al., 2016; SOLÍS-GUZMÁN et al., 2009).

A matriz Q representa as quantidades de cada serviço no empreendimento:

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & q_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & q_{ii} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Onde: $q_{ii,}$ representa a quantidade global de cada atividade construtiva, e i = [1,14].

8.4.5.2 Aspectos ambientais globais (Matriz G)

A matriz G representa o valor dos aspectos ambientais considerando a quantidade de cada atividade construtiva, que pode ser definida como a matriz resultado do produto das matrizes Q (quantidades de serviços) e A (aspectos ambientais unitários) da equação (6):

$$G = \begin{bmatrix} g_{11} & \cdots & g_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{i1} & \cdots & g_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{11} & \cdots & q_{1i} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{i1} & \cdots & q_{ii} \end{bmatrix} X \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Assim, o valor global de dado aspecto ambiental g_{ij} pode ser determinado pela expressão descrita na equação (7):

$$g_{ij} = \sum_{i=1}^{14} q_{ii} \text{ x } a_{ij} \quad (7)$$

Onde: $g_{ij,}$ representa a magnitude de dado aspecto ambiental, q_{ii} a quantidade do serviço, e a_{ij} representa os aspectos ambientais por unidade de serviço.

O valor global de um determinado aspecto global $G_{j,}$ é obtido através da seguinte expressão:

$$G_j = \sum_{i=1}^{14} g_{ij} \quad (8)$$

8.4.5.3 Comparando o desempenho ambiental dos canteiros

A fim de permitir a comparação dos aspectos ambientais entre dois ou mais canteiros de obras, tais valores foram avaliados segundo a intensidade da geração do aspecto ambiental por área construída e por área de terreno. Na sequência os valores das intensidades foram normalizados em uma escala de 0 a 1, considerando como 1 o valor máximo obtido e os demais calculados segundo as equações (9) e (10).

$$I_j = \frac{G_j}{G_{j,max}} \quad (9)$$

$$I'_j = \frac{G_j}{G_{j,max}} \quad (10)$$

Onde: $I_{j,}$ e $I'_{j,}$ representam o valor normalizado da intensidade do aspecto ambiental analisado (j) por área construída e área do terreno, respectivamente. G_j é o valor original do aspecto ambiental. $G_{j,}$ é o valor máximo original.

8.5 O Estudo de caso

Um estudo de caso foi implementado de setembro de 2016 a março de 2017 com o objetivo de analisar a aplicabilidade do EAPM em canteiros de obras de uma cidade média brasileira. A cidade escolhida foi Feira de Santana no interior do Estado da Bahia a 109 km da cidade de Salvador e com a segunda maior população (IBGE, 2011) e o terceiro Produto Interno Bruto (PIB) do estado.

No último censo demográfico de 2010, a população da cidade era de 556 mil habitantes dos quais 92% na área urbana (IBGE, 2011). Segundo projeções do IBGE, em 2017 a população estimada teria alcançado 627 mil habitantes, representando crescimento de 12.7% para o período de 2010 a 2017, acima dos 10.4% estimados para Salvador (IBGE, 2017).

Uma pesquisa exploratória identificou 5 canteiros de obras de edifícios residenciais no centro urbano da cidade, todos localizados no bairro chamado Santa Mônica. Os dados foram coletados entre agentes do mercado (imobiliárias e construtoras) e verificados em visitas de campo. Entre os cinco canteiros inicialmente identificados, duas empresas confirmaram interesse na participação da pesquisa permitindo acesso aos canteiros de obras e a documentação de projeto.

8.5.1 Dados coletados dos canteiros escolhidos.

Ambos os edifícios foram projetados para uso residencial em múltiplos pisos com apenas 2 morarias de alto padrão por piso e um valor estimado de R$ 1,2 milhões (U$ 352 mil) por unidade. O apartamento tem 3 quatros (com sanitário privativo), escritório, sala de estar/jantar, sanitário social, varanda *gourmet*, cozinha e área de serviço com dependências (quarto de empregado). A Tabela 11 resume as características físicas dos edifícios para os dois canteiros de obras (CS1 e CS2).

Uma outra característica é o grande número de vagas privativas de garagem, no mínimo três para cada apartamento, o que representa uma média de 0.75 automóveis por morador, a qual é bem superior as médias locais e nacional. Em 2016, segundo dados do portal @Cidade do IBGE, Feira de Santana tinha uma frota de 113 mil carros, equivalente a 0.18 automóveis por habitante (IBGE, 2017). Consequentemente, a área de estacionamento privativo apresenta uma participação significativa na área construída total variando de 24% (CS1) a 28% (CS2) do total da área construída.

Tabela 11 - Descrição do projeto de cada amostra do estudo de caso

Característica	**CS1**	**CS2**
1. Segmento	edifício residencial	edifício residencial
2. Número de pisos	29	23
Nº de pisos de estacionamento	3	2
Nº de pisos da área comum	1	1
Nº de pisos de apartamentos	25	20
3. Área do terreno (m²)	1 844.62	2 210.74
4. Área construída total (m²)	15 448.11	12 906.05
Área dos pisos de estacionamento (m²)	3 667.88	3 565.02
Área dos pisos de uso comum (m²)	1 774.98	1 792.43
Área dos pisos de apartamento (m²)	10 005.25	7 548.60
5. Área da unidade (apartamento) (m²)	148.31	141.18
Número de apartamentos por piso	2	2
Total de apartamentos	50	40
6. Vagas totais	153	140
Vagas de uso privativo	150 (98%)	133 (95%)
Vaga para visitantes	3 (2%)	7 (5%)
Média de vagas por apartamento	3	3
7. Estágio da obra (na coleta)	Superestrutura	Revestimento

Fonte: Análise dos documentos de projeto edifícios dos canteiros de obras.

A Tabela 12 apresenta a lista de quantidades das atividades construtivas de cada construção, obtidas junto a equipe técnica e da análise dos documentos de projeto.

Tabela 12 - Descrição e quantidades das atividades iniciais das construções

Atividade construtiva	Canteiro de obra 1 (CS1)	Canteiro de obra 2 (CS2)
Demolição (m³)	42.94	12.00
Limpeza da superfície (m²)	1 481.00	1 777.93
Fechamento temporário (tapume)	245.36	70.40
Abrigo provisório (m²)	210.00	270.00
Escavação mecanizada (m³)	3 430.00	2 933.58
Estacas pré-moldadas (m)	4 235.00	3 584.00
Fundação– formas de madeira(m²)	216.81	765.00
Fundação – armadura (t)	7.90	34.24
Fundação – concreto (m³)	106.13	230.92
Superestrutura – formas de madeira (m²)	44 946.67	20 803.06
Superestrutura – armadura (t)	449.28	212.14
Superestrutura – concreto (m³)	3 771.27	2 139.59
Fabricação de formas (m²)	45 163.48	21 568.06
Corte / dobra de armaduras (t)	457.18	246.38

Fonte: Análise dos documentos de projeto edifícios dos canteiros de obras.

8.6 Resultados e discussões do tópico

O modelo quantitativo desenvolvido, EAPM, foi aplicado em ambas as obras selecionadas para avaliar as alterações nos aspectos ambientais locais em decorrência das atividades construtivas iniciais dos canteiros (implantação, fundações e superestrutura).

Este processo foi realizado conforme as seguintes etapas: 1º) As quantidades de cada atividade construtiva (variáveis independentes) foram extraídas da Tabela 12 e inseridas na matriz diagonal Q (5). 2º) A matriz de aspectos ambientais globais (matriz G), como definida em equação (6), foi obtida como o produto matricial entre a matriz quantidades (matriz Q) e a matriz de transição de aspectos ambientais unitários (matriz A). 3º) Os valores de alteração de cada aspecto global (variáveis dependentes) foram obtidos pela aplicação da equação (7).

Os resultados das alterações dos aspectos ambientais devido aos canteiros de obras (CS1 a CS2) estão apresentados no Apêndice 14 (Tabela 22) e Apêndice 15 (Tabela 23). Os resultados foram analisados para cada aspecto ambiental (consumo de recursos, geração de resíduos, emissão de poluição, serviços públicos, transporte, e saúde e segurança), destacando aquelas atividades construtivas com maior potencial de geração de alterações.

Visando comparar os aspectos ambientais por edificações, as taxas de aspectos ambientais por área construída e por área do terreno foram calculadas. Assim, nos aspectos baseados em estoque, tais como consumo de recursos e resíduos gerados, optou-se por utilizar como parâmetro de comparação a área construída. De outro modo, naqueles aspectos

ambientais relacionados a questões locais, como serviços públicos, transportes e incômodos, analisou-se o stress ambiental provocado pela atividade no uso da terra (área de terreno).

8.6.1 Consumo de recursos

Os consumos de recursos segundo o EAPM para as duas amostras estão descritos na Tabela 13 extraídos da matriz dos aspectos ambientais, cujos valores foram agregados por categoria de recurso e atividade. Como citado anteriormente estes dados são restritos às etapas iniciais do processo de construção (implantação, fundação e superestrutura).

Tabela 13 - Consumo de recursos no estudo de caso segundo modelo preditivo

	Consumo de recursos							
	Canteiro de obras 1				Canteiro de obras 2			
Atividade construtiva	consumo de recursos maturais (t)	consumo de recursos renováveis (t)	consumo de recursos manufaturados (t)	consumo de recursos por atividade (t)	consumo de recursos maturais (t)	consumo de recursos renováveis (t)	consumo de recursos manufaturados (t)	consumo de recursos por atividade (t)
Demolição (m³)	-	-	-	-	-	-	-	-
Limpeza da superfície (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-
Fechamento temporário	-	2.98	-	2.98	-	0.86	-	0.86
Abrigo provisório (m²)	29.43	5.95	5.15	40.52	37.84	7.65	6.62	52.10
Escavação mecanizada (m³)	-	-	-	-	-	-	-	-
Estacas pré-moldadas (m)	529.27	-	58.81	588.08	447.91	-	49.77	497.68
Fundação– formas (m²)	-	1.50	-	1.50	-	5.30	-	5.30
Fundação – armadura (t)	-	-	8.29	8.29	-	-	35.95	35.95
Fundação – concreto (m³)	262.67	-	29.19	291.86	571.53	-	63.50	635.03
Superestrutura – formas (m²)	-	311.5	-	311.56	-	144.2	-	144.20
Superestrutura – armadura (t)	-	-	471.74	471.74	-	-	222.7	222.75
Superestrutura – concreto	9 333.89	-	1	10	5	-	588.3	5
Fabricação de formas (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-
Corte / dobra de armaduras	-	-	-	-	-	-	-	-
Quantidades totais (absoluta)	10	322.0	1	12	6	158.0	966.9	7
Quantidades totais (relativa)	84%	3%	13%	100%	85%	2%	13%	100%

Considerando o total de recursos (minerais, renováveis e manufaturados), o consumo estimado foi de 12 087 toneladas para CS1 e 7 477 toneladas para CS2, equivalentes a 0.78 $t.m^{-2}$ (CS1) e 0.58 $t.m^{-2}$ (CS2) de recursos consumidos por área construída. Segundo a origem (natural, renovável e manufaturado), a menor fração foi do consumo de recursos renováveis variando de 2% (CS1) a 3% (CS2), composta por chapas e peças de madeira para formas e fechamento do terreno, portanto estruturas provisórias não incorporadas aos prédios. A quase totalidade do consumo de recursos, (97% em CS1 e 98% em CS2) são de frações de origem mineral (agregados e aglomerantes) comuns da construção civil, na sua forma natural (e.g.

areia, brita) ou manufaturada (e.g., cimento, concreto pré-misturado). As frações de areia e brita foram de 84% (CS1) e 85% (CS2) sobre os totais calculados para o estudo de caso. Entre as atividades construtivas, aquelas relacionadas às atividades de concreto (Fundação e Superestrutura) demandaram as maiores frações de consumo, em especial a superestrutura com 85,8% (CS1) e 78,7%(CS2) do consumo total de recursos.

8.6.2 Geração de resíduos

A Tabela 14 mostra os resíduos calculados para as atividades selecionadas a partir da matriz do EAPM e os valores globais para cada classe de resíduos gerado (e.g., concreto, madeira e metal) e por atividade construtiva.

Tabela 14 - Geração de resíduos no estudo de caso segundo o EAPM

Geração de resíduos						
	Canteiro de obras 1			Canteiro de obras 2		
Atividade construtiva	geração de resíduos de solo e concreto (t)	geração de resíduos de madeira/metal (t)	geração de resíduos de por atividade (t)	geração de resíduos de solo e concreto (t)	geração de resíduos de madeira/metal (t)	geração de resíduos de por atividade (t)
Demolição (m³)	64.41	-	64.41	18.00	-	18.00
Limpeza da superfície (m²)	555.38	-	555.38	666.72	-	666.72
Fechamento temporário (m²)	-	2.98	2.98	-	0.86	0.86
Abrigo provisório (m²)	34.57	5.95	40.52	44.45	7.65	52.10
Escavação mecanizada (m³)	4 287.50	-	4 287.50	3 666.98	-	3 666.98
Estacas pré-moldadas (m)	-	-	-	-	-	-
Fundação– formas (m²)	-	1.50	1.50	-	5.30	5.30
Fundação – armadura (t)	-	0.41	0.41	-	1.80	1.80
Fundação – concreto (m³)	5.84	-	5.84	12.70	-	12.70
Superestrutura – formas (m²)	-	311.56	311.56	-	144.20	144.20
Superestrutura – armadura (t)	-	23.59	23.59	-	11.14	11.14
Superestrutura – concreto (m³)	207.42	-	207.42	117.68	-	117.68
Fabricação de formas (m²)	-	-	-	-	-	-
Corte / dobra de armaduras (t)	-	-	-	-	-	-
Quantidades totais (absoluta)	5 155.11	346.00	5 501.11	4 526.54	170.94	4 697.48
Quantidades totais (relativa)	94%	6%	100%	96%	4%	100%

Observando a Tabela 14, as quantidades de resíduos totais foi 5 501 toneladas (CS1) e 4 697 toneladas (CS2), significando uma taxa de 0.356 ton.m^{-2} (CS1) e de 0.364 ton.m^{-2} (CS2), em toneladas de resíduos gerados por área construída. Uma grande parte da massa de resíduos estimada é relativa à retirada de solo superficial e de material escavado para atender as garagens semienterradas. Essa fração de solo representa 78% do total de resíduos e envolve também outros aspectos ambientais, tais como alteração da estabilidade do solo e

circulação de máquinas. Por outro lado, as frações de resíduos de demolição foi pouco significativa, cerca de 1%, devido ao terreno não possuir construção preexistente para ser demolida, apenas muro de divisa.

Os resultados mostram que os resíduos destas etapas iniciais são predominantemente inertes, portanto, passíveis de serem reincorporados na cadeia produtiva. Mais de 90% desses resíduos têm origem mineral (solo, concreto e alvenaria), variando de 94% (CS1) a 96% (CS2). A fração complementar iguais a 6% (CS1) e 4% (CS2) são resíduos de madeira e aço, também recicláveis.

8.6.3 Emissão de poluição

A Tabela 15 mostra a contribuição das atividades construtivas na modificação de aspectos ambientais relacionados a emissão de poluição (atmosférica e sonora) do EAPM.

Tabela 15 - Emissão de poluição no estudo de caso segundo o EAPM

Emissão de poluição						
	Canteiro de obras 1			Canteiro de obras 2		
Atividade construtiva	Manipulação de insumos com poeira e particulados (t)	uso de equipamento mecanizado movido a diesel (h)	uso de equipamento emissor de ruído ou vibração (h)	Manipulação de insumos com poeira e particulados (t)	uso de equipamento mecanizado movido a diesel (h)	uso de equipamento emissor de ruído ou vibração (h)
Demolição (m³)	64.41	0.64	26.58	18.00	0.18	7.43
Limpeza da superfície (m²)	555.38	22.22	22.22	666.72	26.67	26.67
Fechamento temporário (m²)	2.98	-	5.16	0.86	-	1.48
Abrigo provisório (m²)	75.09	-	11.37	96.55	-	14.62
Escavação mecanizada (m³)	4 287.50	483.63	483.63	3 666.98	413.64	413.64
Estacas pré-moldadas (m)	588.08	194.81	243.82	497.68	164.86	206.34
Fundação– formas (m²)	1.50	-	0.13	5.30	-	0.44
Fundação – armadura (t)	-	-	0.69	-	-	3.00
Fundação – concreto (m³)	5.84	5.62	33.39	12.70	12.24	72.65
Superestrutura – formas (m²)	311.56	-	37.60	144.20	-	17.40
Superestrutura – armadura (t)	-	-	39.31	-	-	18.56
Superestrutura – concreto (m³)	207.42	316.79	1 303.35	117.68	179.73	739.44
Fabricação de formas (m²)	-	-	1 896.87	-	-	905.86
Corte / dobra de armaduras (t)	-	-	-	-	-	-
Quantidades totais (absoluta)	6 099.77	1 023.71	4 104.09	5 226.68	797.31	2 427.51

Segundo a Tabela 15, a massa manipulada de insumos contendo poeira e material particulado (MP) foi cerca de 6099 toneladas para CS1 e de 5227 toneladas para CS2, equivalentes as taxas de 3.31 $ton.m^{-2}$ (CS1) e 2.36 $ton.m^{-2}$ (CS2) de materiais manipulados por área de terreno. A maior fração foi gerada pelos serviços de movimentação de terra (i.e.,

escavação mecanizada e limpeza de superfície), seguidos dos serviços de estacas pré-moldadas. A fração calculada para a escavação mecanizada foi de 70% de toda massa de materiais contendo poeiras e MP.

O segundo aspecto dentro da categoria poluição ambiental foi o uso de equipamento mecanizado a diesel que registrou 1023 horas para CS1 e 797 horas para CS2 (Tabela 15) com taxas de 0.52 $h.m^{-2}$ (CS1) e 0.36 $h.m^{-2}$ (CS2) em horas de uso de máquinas por área. O tempo de uso de equipamento emissor de ruído ou vibração de acordo com o EAPM foi estimado em 4104 horas (CS1) e 2247 horas (CS2) (Tabela 15) com taxas de 2.22 $h.m^{-2}$ (CS1) e 0.36 $h.m^{-2}$ (CS2) por área de terreno. As maiores frações foram decorrentes da escavação mecanizada (12% em CS1 e 17% em CS2), superestrutura para concreto (32% em CS1 e 30% em CS2) e manufaturas de formas (46% em CS1 e 37% em CS2).

Os resultados sugerem que algumas decisões de projeto como redução de pisos de garagem, e de gestão como produção de formas fora da obra têm impacto direto na redução dos aspectos locais. Note-se que o modelo na agregação de tempo considerou apenas a duração (tempo de uso produtivo do equipamento) ainda não incorporando critérios para considerar as diferentes intensidades desses ruídos e as suas sobreposições.

8.6.4 Serviços públicos e serviços de transporte

A Tabela 16 apresenta os resultados do EAPM para aqueles aspectos ambientais que impactam diretamente na infraestrutura urbana (i.e., os serviços públicos e os serviços de transporte).

Segundo a Tabela 16, a taxa consumo de água por área do terreno de 0,52 l. m^{-2} em CS1) é superior ao dobro de CS2 com uma taxa de 0,24 $l.m^{-2}$ (B2). Entretanto, a variação reduz ao considerar o consumo de água por área construída com 0.06 $l.m^{-2}$ (CS1) e 0.04 $l.m^{-2}$ (CS2). Quatro atividades construtivas foram geradoras de mais de 80% da demanda de água prevista no modelo, na seguinte ordem: colocação de formas para superestrutura (35% em CS1 e 29% em CS2), lançamento de concreto para superestrutura (23% em CS1 e 24% em CS2), manufatura de formas de madeira (19% em CS1 e 17% em CS2) e, corte e dobra de aço (11% em CS1 e CS2). De forma similar, os resultados do consumo de energia elétrica também variaram muito, de 2 353 kW (CS1) a 1 279 kW (CS2), influenciados mais uma vez pela diferença da área construída e consequentemente de serviços. De fato, o consumo por área construída este intervalo ficou entre 0.15 $kW.m^{-2}$ (CS1) e 0.10 $kW.m^{-2}$ (CS2).

Tabela 16 - Serviços públicos e serviços de transporte no estudo de caso segundo o EAPM

	Serviços públicos				Serviços de transporte			
	CS1		CS2		CS1		CS2	
Atividade construtiva	consumo de água (m³)	consumo de eletricidade (kWh)	consumo de água (m³)	consumo de eletricidade (kWh)	circulação de máquinas e veículos no local (h)	circulação de máquinas e veículos na cidade (h)	circulação de máquinas e veículos no local (h)	circulação de máquinas e veículos na cidade (h)
Demolição (m³)	0.92	38.90	0.26	10.87	0.64	10.22	0.18	2.86
Limpeza da superfície	1.07	-	1.28	-	22.22	88.12	26.67	105.79
Fechamento temporário	2.94	2.94	0.84	0.84	0.25	0.95	0.07	0.27
Abrigo provisório (m²)	33.23	10.24	42.73	13.16	2.02	12.86	2.60	16.53
Escavação mecanizada	6.89	-	5.90	-	483.63	680.28	413.64	581.83
Estacas pré-moldadas (m)	11.14	-	9.43	-	243.82	93.31	206.34	78.97
Fundação, formas (m²)	1.60	-	5.65	-	0.13	0.48	0.44	1.68
Fundação, armadura (t)	0.86	-	3.73	-	0.69	1.38	3.00	5.99
Fundação, concreto (m³)	0.93	31.84	2.02	69.28	12.16	47.23	26.46	102.77
Superestrutura, formas	332.16	-	153.73	-	37.60	98.87	17.40	45.76
Superestrutura, armadura	48.97	-	23.12	-	39.31	78.59	18.56	37.11
Superestrutura, concreto	223.37	1	126.73	641.88	549.10	1	311.52	952.25
Fabricação de formas	185.17	1	88.43	543.52	-	-	-	-
Corte/dobra de armaduras	109.72	-	59.13	-	-	-	-	-
Quantidades totais	958.98	2	522.98	1	1	2	1	1
Taxa por área construída	0.06	0.15	0.04	0.10	0.09	0.18	0.08	0.15
Taxa por área de terreno	0.52	1.28	0.24	0.58	0.75	1.51	0.46	0.87

Na análise dos aspectos que afetam os serviços de tráfego e mobilidade foram consideradas duas áreas de influência. Enquanto a área de influência direta cobriu os canteiros de obras e vizinhança imediata, a área de influência indireta incluiu os bairros vizinhos e o perímetro urbano.

A circulação de máquinas e equipamentos na área de influência direta foi estimada em 1 319 horas para CS1 e 1 026 horas para CS2, equivalentes a 0.75 $h.m^{-2}$ (CS1) e 0.46 $h.m^{-2}$ (CS2) por área de terreno. Os resultados indicam um maior fluxo de veículos em CS1, como esperado considerando seu maior volume de serviços e uma menor área de terreno. Mais de 90% do tempo de circulação local foi gerado por apenas três atividades: lançamento de concreto em superestrutura, escavação mecânica e estacas pré-moldadas. Os impactos destes aspectos podem variar conforme a características do canteiro (e.g., número de portões de acesso) e do entorno (e.g., largura da rua e da calçada, padrão das moradias, existência de usos sensíveis como hospitais e escolas).

A circulação de máquinas e equipamento dentro da área de influência indireta foi estimada em 2790 horas (CS1) e 1931 horas (CS2). No cálculo, a distância média considerada foi de 10km entre o canteiro e os principais fornecedores de insumos, usinas de

concreto e locais de disposição de resíduos. Cerca de 80% deste aspecto foi gerado pelas atividades de escavação mecânica e lançamento de concreto em superestrutura.

8.6.5 Uso da terra

A Tabela 17 apresenta os resultados do EAPM para os aspectos ambientais relacionados ao uso da terra que diretamente impactam na qualidade de vida do entorno do canteiro.

Tabela 17 - Aspectos ambientais do uso da terra segundo o EAPM

Uso do solo						
	Canteiro de obras 1			Canteiro de obras 2		
Atividade construtiva	retirada e movimentação de solo (t)	armazenamento de materiais não embalados (t)	armazenamento de materiais embalados (t)	retirada e movimentação de solo (t)	armazenamento de materiais não embalados (t)	armazenamento de materiais embalados (t)
Demolição (m³)	-	64.41	-	-	18,00	-
Limpeza da superfície (m²)	555.38	-	-	666.72	-	-
Fechamento temporário (m²)	-	5.94	-	-	1.71	-
Abrigo provisório (m²)	-	75.90	5.15	-	97,58	6.62
Escavação mecanizada (m³)	4 287.50	-	-	3 666.98	-	-
Estacas pré-moldadas (m)	-	588.08	-	-	497,68	-
Fundação, formas (m²)	-	3.01	-	-	10.61	-
Fundação, armadura (t)	-	8.71	-	-	37.75	-
Fundação, concreto (m³)	-	5.84	-	-	12.70	-
Superestrutura, formas (m²)	-	623.13	-	-	288.41	-
Superestrutura, armadura (t)	-	495.33	-	-	233.88	-
Superestrutura, concreto (m³)	-	207,42	-	-	-117.68	-
Fabricação de formas (m²)	-	-	-	-	-	-
Corte/dobra de armaduras (t)	-	-	-	-	-	-
Quantidades totais (absoluta)	4 842.88	2 077.79	5.15	4 333.70	1 316.00	6.62
Taxa por área construída	0.31	0.13	0.00	0.34	0.10	0.00
Taxa por área de terreno	2.62	1.13	0.00	1.96	0.60	0.00

Em geral, os prédios escolhidos apresentaram resultados semelhantes para a massa absoluta retirada e movimentação de solo (4 842 toneladas para CS1 e 4 333 toneladas para CS2) e as taxas por área construída (0.31 ton.m^{-2} em CS1 e 0.34 ton.m^{-2} em CS2). Entretanto, ao considerar o solo retirado por área de terreno observou-se uma maior intensidade em CS1 (2.63 ton.m^{-2}) em comparação a CS2 (1.96 ton.m^{-2}). Este indicador (movimentação de solo por área de terreno) é importante para avaliar possíveis impactos na estabilidade do solo, orientando medidas de controle e mitigação para reduzir os riscos de acidentes de trabalho e nas propriedades vizinhas. Esta avaliação ainda precisa ser complementada com outras informações, tais como geologia, localização da escavação e tipo de construções vizinhas.

A quantidade de armazenamento de materiais não embalados considerou também os RCD mantidos provisoriamente no canteiro até a coleta. Segundo a Tabela 17, três atividades foram as que mais demandaram o armazenamento de materiais não embalados (em toneladas), na ordem: formas de madeira para superestrutura (30% em CS1 e 22% em CS2), estacas pré-moldadas (28% em CS1 e 38% em CS2) e armaduras para superestrutura (24% em CS1 e 18% em CS2). Finalmente, limitado ao armazenamento de materiais embalados, a quantidade total não foi significativa, devido ao uso de concreto pré-misturado em vez do concreto produzido no local, portanto, baixo consumo de cimento embalado. Esse consumo corresponde ao cimento para produzir os pisos de concreto das instalações provisórias.

Analisando os achados, observa-se que nas fases iniciais do empreendimento a entrada de insumos no canteiro é essencialmente de materiais não embalados, enquanto os materiais embalados representaram apenas 0.25% (CS1) e 0.50% (CS2). Considerando todo o fluxo de materiais (insumo e resíduos), o total armazenado no local estimado alcançaria entre 6925 toneladas (CS1) e 5565 toneladas (CS2). Este total seria composto por 69.9% de solo retirado, 30.0% de materiais não embalados e apenas 0.07% de materiais embalados em CS1. Em CS2, a composição seria de 76.62% devido a solo retirado, 23.27% de materiais não embalados e apenas 0.12% de materiais embalados.

Esta alta concentração de movimentação e armazenamento de materiais não embalados indicam a necessidade de cuidados especiais para planejamento dos espaços de estocagem no canteiro e movimentação de carga, além do uso de cobertura para reduzir a poeira.

8.6.6 Saúde e segurança

A Tabela 18 apresenta os resultados da demanda de trabalho por risco envolvido segundo o EAPM. O tempo total de trabalho para CS1 foi 183% maior que o obtido por CS2. Entretanto, a divisão deste tempo de trabalho em termos relativos varia pouco entre os dois canteiros. As amostras mostram uma participação similar para um mesmo risco de trabalho como queda altura (58% em CS1 e 54% em CS2), risco de queda de objetos (39% em CS1 e 43% em CS2) e aqueles exposto a máquinas pesadas (2% em CS1 e 4% em CS2).

Tabela 18 - Aspectos ambientais de saúde e segurança segundo o EAPM

	Saúde e segurança					
	Canteiro de obras 1			Canteiro de obras 2		
Atividade construtiva	trabalho exposto a máquinas (h)	trabalho exposto a queda de altura (h)	trabalho exposto a queda de objetos (h)	trabalho exposto a máquinas (h)	trabalho exposto a queda de altura (h)	trabalho exposto a queda de objetos (h)
Demolição (m³)	91.59	-	-	25.60	-	-
Limpeza da superfície (m²)	106.63	-	-	128.01	-	-
Fechamento temporário (m²)	-	-	294.43	-	-	84.48
Abrigo provisório (m²)	-	-	3 066.00	-	-	3 942.00
Escavação mecanizada (m³)	689.43	-	-	589.65	-	-
Estacas pré-moldadas (m)	1 113.81	-	-	942.59	-	-
Fundação, formas (m²)	-	-	116.86	-	-	412.34
Fundação, armadura (t)	-	-	86.10	-	-	373.19
Fundação, concreto (m³)	-	-	18.68	-	-	40.64
Superestrutura, formas (m²)	-	24 226.26	-	-	11 212.85	-
Superestrutura, armadura (t)	-	4 897.16	-	-	2 312.32	-
Superestrutura, concreto (m³)	-	19 697.34	-	-	11 175.08	-
Fabricação de formas (m²)	-	-	18 517.03	-	-	8 842.91
Corte/dobra de armaduras (t)	-	-	10 970.32	-	-	5 913.03
Quantidades totais (absoluta)	2 001.45	48 820.76	33 071.41	1 685.85	24 700.24	19 608.58
Quantidades totais (relativas)	2%	58%	39%	4%	54%	43%

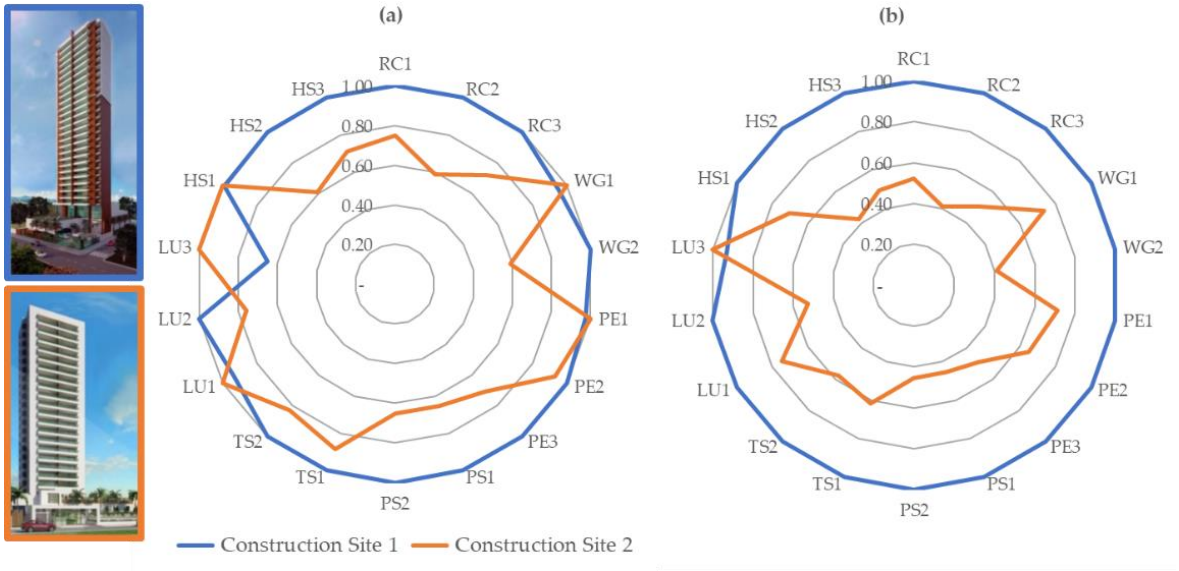
O trabalho em altura ficou restrito aos serviços de execução da superestrutura em concreto: instalações das formas (50% em CS1 e 45% em CS2), colocação das armaduras (10% em CS1 e CS2) e lançamento de concreto (40% em CS1 e 45% em CS2).

No caso dos serviços nas áreas descobertas, as principais frações estão relacionadas aos serviços de preparação de formas (56% em CS1 e 45% em CS2) e corte e dobra de aço (33% em CS1 e 30% em CS2). Estes resultados sugerem que a execução destes serviços fora do canteiro reduziria aspectos como: a demanda de trabalho no local, o impacto na paisagem urbana (menor tempo de construção) e a geração de ruído. Adicionalmente, os valores estimados também podem auxiliar na definição de equipes, alocação de recursos de segurança e adequação do treinamento dos operários ao risco envolvido. Estas informações são fundamentais não apenas para os construtores e equipes internas de segurança do trabalho, como também para os agentes de licenciamento e fiscalização.

8.6.7 Comparando a taxa de geração estimada dos aspectos ambientais

Os projetos dos edifícios dos dois canteiros de obras apresentaram basicamente o mesmo padrão de tamanho dos apartamentos, layout e número de quartos e de sanitários. Entretanto, apresentaram diferenças quanto ao número de moradias e total de área construída, cujas

diferenças dificultariam uma comparação direta dos dois canteiros de obras considerando apenas os valores absolutos calculados para os aspectos ambientais. Assim, os valores foram padronizados de acordo com a taxa de geração dos aspectos ambientais por unidade de área construída para permitir uma melhor comparação. Adicionalmente, a comparação também considerou as taxas geração de aspectos ambientais por área de terreno. A Figura 81 mostra os valores normalizados para as taxas de geração de aspectos ambientais por área construída (a) e por área de terreno (b), cujos valores estão descritos no Apêndice 16 (Tabela 24 e Tabela 25). Como descrito na seção metodologia os valores mais altos significam maior potencial de gerar impactos ambientais.



Nota: a) valores normalizados da taxa de aspectos ambientais por área construída; b) valores normalizados da taxa de aspectos ambientais por área de terreno. Aspectos ambientais: consumo de recursos minerais (RC1), consumo de recursos renováveis (RC2), consumo de recursos manufaturados (RC3), geração de resíduos de solo/concreto/alvenaria (WG1), geração de resíduos de madeira/metal (WG2), manipulação de materiais envolvendo poeira e particulados (PE1), uso de equipamento mecânico movido a combustível (PE2), uso de equipamento emissor de ruído/vibração (PE3), consumo de água (PS1), consumo de eletricidade (PS2), circulação de máquinas e veículos no local (TS1), circulação de máquinas e veículos na cidade (TS2), retirada e movimentação de solo (LU1), armazenamento de materiais não embalados (LU2), armazenamento de materiais embalados (LU3), trabalho exposto a máquinas (HS1), trabalho exposto a queda de altura (HS2), e trabalho exposto a queda de objetos (HS3).

Figura 81 - Comparação entre os canteiros de obras segundo o EAPM

Analisando os gráficos comparativos (Figura 81), o canteiro de obras 1 concentrou a maior parte dos índices mais altos para as taxas de geração dos aspectos ambientais. Na taxa de geração de aspectos ambientais por área construída, o CS1 superou o CS2 em 15 dos 18 aspectos considerados. No índice de geração dos aspectos ambientais por área de terreno, a dominância do CS1 foi ainda maior, onde CS1 excedeu CS2 em 17 aspectos (Figura 81).

Esses achados sugerem que o CS1 tem um potencial maior para gerar impactos ambientais negativos por área construída, devido à sua maior intensidade quanto ao uso de

recursos, geração de resíduos, circulação de máquinas e exposição de trabalhadores ao risco. Considerando o critério de área de terreno, a predominância dos indicadores de CS1 é ainda mais significativa, devido a concentração de atividades em uma área menor. Entre os potenciais riscos ambientais associados a concentração podem ser citados: a) comprometimento da estabilidade do solo devido a intensidade da escavação, b) poluição sonora devido a uma maior circulação de máquinas, e c) poluição do ar devido a uma maior manipulação de materiais contendo poeira e particulados.

8.7 Conclusões do capítulo

Este capítulo apresentou um modelo de previsão de aspectos ambientais que podem gerar impactos ambientais significativos durante a construção de edifícios residenciais. O modelo desenvolvido, denominado EAPM, integrou um conjunto de reconhecidos indicadores ambientais à uma base de custos de uso tradicional nas práticas de gestão da construção. O estudo abordou uma importante lacuna na indústria da construção, a falta de ferramentas quantitativas para avaliar os aspectos ambientais gerados por canteiros de obras e as dificuldades dos construtores e agentes públicos incorporarem práticas sustentáveis.

Os resultados do EAPM nos dois estudos de caso apontam para sua utilidade e aplicabilidade nas previsões de aspectos ambientais. De acordo com os achados, as atividades que compõem as etapas iniciais interagem de formas diferentes com o ambiente, contribuindo em maior ou menor grau na geração dos aspectos ambientais. Entre as atividades, fundações e superestruturas apresentaram um alto consumo de recursos naturais (acima de 80%) e demanda de mão-de-obra (acima de 90%) nas fases iniciais da obra. Os serviços preliminares como limpeza do terreno e escavação mecanizada impactam significativamente na geração de resíduos, emissão de poeira e ruído, e transporte.

O EAPM foi concebido para avaliação prévia dos canteiros e alocação de sistemas de controle e mitigação, entretanto pode ser utilizado em outras fases do ciclo da construção como benchmarking para medir desempenho e auxiliando o processo de tomada de decisão. No planejamento, por exemplo, o valor absoluto do consumo de água pode recomendar desde a instalação aparelhos economizadores até a adoção de sistemas de reuso de água. Por sua vez, as taxas dos aspectos por área de terreno permitem avaliar a intensidade dos impactos sobre os serviços públicos (água e energia) e incômodos na vizinhança, orientando o sistema de fiscalização sobre quais ações mitigadoras devem ser implantadas.

Adicionalmente, os achados sugerem que parte dos incômodos locais podem ser reduzidos através do uso de sistemas pré-fabricados e serviços fora do canteiro. Por exemplo, o uso de formas para concreto pré-fabricadas e aço já cortado e dobrado reduziriam o uso de máquinas e de mão de obra no local, consequentemente com menos ruídos, circulação de pessoas e consumo de água e energia.

A representação na forma de matriz facilitou a identificação entre as atividades e os aspectos ambientais, podendo ainda ser ampliada para endereçar as responsabilidades (e.g. atividades que impactam operários em relação aos serviços de segurança do trabalho). A estrutura proposta redireciona o foco para o controle das atividades geradoras e de suas interfaces com o ambiente (aspectos ambientais) em vez do tradicional controle tipo fim de tudo nos impactos. Além disso, a EAPM também possui flexibilidade para incorporar novas atividades, e ser implementado em modelo computacional (próprio ou comercial).

O estudo propõe uma revisão da forma de quantificar alguns indicadores, tais como mão de obra, água, eletricidade. No caso da mão de obra sugere quantificar o tempo de trabalho pelo risco associado (local e grau de exposição), além da classificação tradicional por tipo de operário (e.g. pedreiros, carpinteiros). Para o consumo de água e eletricidade sugere apropriação direta por atividades geradoras em vez da indireta na administração a obra.

Em resumo, o EAPM ao incorporar indicadores ambientais nas bases de custos amplia o escopo destas e ao mesmo tempo pretende aproveitar sua rede de usuários para disseminar o tema do controle e redução de impactos ambientais. Tais bases de custos são largamente usadas na prática da construção, por construtores e agentes de fiscalização, como também na formação de engenheiros e arquitetos, compondo parte de seus currículos.

O EAPM mostrou algumas limitações relevantes que devem ser abordadas em estudos futuros. Uma dessas limitações foi a dificuldade em quantificar a emissão de poeiras e particulados, para a qual o modelo adotou um indicador indireto, isto é, a massa total de materiais e resíduos manipulados que contenham frações pequenas, entretanto sem diferenciar estas frações. Uma opção para reduzir essa limitação seria considerar pesos diferenciados segundo uma granulometria padronizada de cada material. Outra dificuldade encontrada foi como considerar diferentes intensidades e tempos de exposição no método de agregação da geração de ruídos. Finalmente, o estudo do armazenamento considerou como indicador a massa de materiais e resíduos, entretanto outros fatores como ciclos de produção e o fluxo da coleta de resíduos reconhecidamente impactam no tempo de armazenamento.

9 CONCLUSÕES

Este trabalho desenvolveu um método para previsão de aspectos ambientais gerados por canteiros de obras, denominado *Environmental Aspects Prediction Method* (EAPM), através da integração entre uma base de custos e indicadores de avaliação de desempenho ambiental.

Neste sentido, a pesquisa implementou uma sequência de etapas para compreensão do problema, identificação de lacunas e oportunidades no estado da arte, análise de ferramentas de desempenho ambiental e ferramentas de gestão da construção, resultando na proposição do EAPM para auxiliar na escolha de sistemas construtivos e no controle do processo de construção. Adicionalmente, também foram apresentadas contribuições para o aperfeiçoamento de instrumentos e legislação, bem como para a integração e disseminação do conhecimento ambiental entre profissionais (formados ou em formação).

As conclusões serão apresentadas na mesma sequência das questões que nortearam a pesquisa visando a elaboração do EAPM.

9.1 Respostas para as questões apresentadas

a) Questão 1: ***Como os impactos ambientais gerados pelos canteiros de obras têm impactado nas cidades?***

Diante do observado nos capítulos 1 e 2 verifica-se que o crescimento e a concentração urbana são grandes desafios para as cidades, em especial para as cidades médias, exigindo a revisão dos modelos de gestão do setor público e de governança das empresas.

O escopo dos problemas ambientais que, até o final do século passado, estava muito centrado nos riscos gerados por grandes empresas sobre os ecossistemas naturais, nas últimas décadas se ampliou incorporando um novo eixo de preocupações, o ecossistema urbano nas cidades. Assim, cresce a percepção de problemas urbanos, tais como dificuldade de mobilidade, geração resíduos, poluição sonora e atmosférica e de paisagem urbana.

Entretanto, a revisão realizada permite concluir que diferente do cenário anterior, esta nova fronteira das preocupações ambientais, as cidades, carregam uma série de complexidades com uma maior variedade de aspectos, agentes e condições ambientais. A exemplo disso, em vez de uma situação na qual uma grande planta industrial, com localização definida e fixa, gera preocupações sobre uma população ou grupo com interesses comuns, o problema da construção nas cidades é muito mais difuso, envolvendo canteiros de obras dispersos com características diferentes (porte e sistema de construção) durante as suas diferentes fases de produção (implantação, operação e desmobilização).

Este é o caso dos aspectos ambientais dos canteiros de obras, objeto deste estudo, no qual as geradoras de diferentes portes (construtoras, pequenas empresas e até autogestão ou autoconstrução) estão em canteiros espalhados pela malha urbana, essa também muitas vezes diferenciada (mais ou menos densa). Adicionalmente, verificou-se que muitos dos problemas gerados, como os incômodos, são transitórios e não tem um padrão de controle definido o que dificulta endereçar responsabilidades.

Observa-se também que parte das soluções para tais problemas concentram-se em duas grandes frentes, a industrialização e a difusão do conhecimento. A primeira busca sistematizar o processo de construção, melhorando materiais e processos, a segunda na melhoria da qualidade da informação gerada e da forma de compartilhá-las.

b) Questão 2: ***Como as políticas públicas podem contribuir no controle dos impactos ambientais da construção e na melhoria do desempenho ambiental?***

O setor da construção deve incorporar melhores práticas de gestão, algumas organizações apontam como obter estas melhorias. Neste sentido, a pesquisa abordou algumas das ações listadas pela ONU para enfrentar problemas urbanos, adaptando-as ao setor da construção: aumento do comprometimento do governo com o tema ambiental; uso de tecnologia da informação e comunicação para melhorar serviços públicos; desenvolvimento de capacidades institucionais; e adoção de abordagens integradas.

O capítulo 3 identificou diversas práticas de gestão que incorporam algumas destas ações. Apesar das práticas analisadas serem de diferentes países e contextos, observou-se que as ações têm três linhas básicas: melhoria do arcabouço legal e de instrumentos de fiscalização adequado ao contexto local; investimento no aperfeiçoamento e transparência de sistemas de informação de dados da construção urbana; e ações de promoção da conscientização ambiental de agentes de construção e da comunidade, através de financiamento ou recompensas por práticas ambientais.

Na segunda seção, que abordou o contexto brasileiro, verificou-se questões semelhantes com a de outros países, a exemplo do caráter difuso da geração dos impactos da indústria da construção e os conflitos entre concentração urbana com seus ganhos de escala e incômodos gerados por um processo construtivo intenso e com uso de grandes máquinas. Todavia, a legislação urbana ainda não está consolidada, a política urbana definida em 1998 pelo Constituição Federal só teve sua regulação em 2001 com o Estatuto da Cidade. Muitas cidades com limitações financeiras e de pessoal capacitado ainda não conseguiram implantar seus planos diretores e lei de uso do solo. Os códigos de obras ainda apresentam

lacunas nos graus de exigência para novas construções (muitas vezes exigindo apenas o projeto arquitetônico) e na avaliação dos canteiros como polos geradores de viagens.

No contexto brasileiro também foram verificadas importantes lacunas nos sistemas de controle de emissões de ruídos e particulados, bem como na gestão de resíduos de construção e demolição (RCD). Apesar do aumento das fontes geradoras, com intensificação do ritmo de construção no lote urbano, o mapeamento das zonas de ruído ainda é lento e ocorre apenas em algumas cidades. A taxa de geração e resíduos de construção e demolição é muito alta, bem acima de médias como a europeias de 30%, muito provavelmente pela falta de padronização e baixa qualidade de alguns dos materiais (telhas e blocos cerâmicos) ou baixo controle como no caso dos agregados. A classificação nacional dos resíduos convive com dois padrões diferentes, um definido pela Resolução Conama nº 307/2002 (por tipo de resíduo) e outro pela Instrução Normativa nº 13/2012 do IBAMA (por fonte geradora).

c) Questão 3: ***Quais critérios a observar no desenvolvimento de novas ferramentas para avaliação dos aspectos ambientais gerados por canteiros de obras?***

O capítulo 4 apresentou uma revisão do estado da arte sobre as ferramentas de avaliação do desempenho ambiental das construções, buscando identificar princípios e critérios para orientar o desenvolvimento do EAPM. Os dados bibliométricos apontam o crescimento do número de publicações sobre o tema, em especial na partir de 2010, principalmente oriundos dos Estados Unidos, China e Reino Unido. Um grupo de seis periódicos se destacaram: *Environmental Impact Assessment Review, Journal of Cleaner Production, Build and Environment, Building Research and Information, Energy and Building e Renewable and Sustainable Energy*.

A revisão bibliográfica e estudos comparados são estratégias tanto para aperfeiçoar quanto para desenvolver ferramentas de avaliação, semelhantes ao EAPM objeto desta pesquisa. A análise das ferramentas também aponta para necessidade de equilibrar as dimensões econômicas, ambientais e sociais. Importante observar que a definição dos pesos destas dimensões deve considerar o contexto local, a relevância de cada aspecto e os diferentes portes de empreendimentos. Todavia, esta caracterização exige critérios de medida adequados e reduzir a subjetividade visando aumentar a confiabilidade do instrumento de avaliação. Além disso, uma outra característica necessária é que a ferramenta seja de fácil implantação para adesão dos agentes de construção.

Os resultados reforçam a importância de desenvolver instrumentos que identifiquem e classifiquem os impactos gerados pelos canteiros e dessa forma oriente as ações de

planejamento e controle do processo produtivo. As conclusões do capítulo 4 em especial os problemas de subjetividade e de baixa adesão, justificam o estudo dos dados quantitativos das bases de custos de construção como suporte para inserir indicadores ambientais. Adicionalmente, as bases de custos com sua grande base de usuários podem contribuir para difundir a ferramenta bem como aumentar a adesão.

d) **Questão 4:** ***Como os canteiros têm impactado as cidades médias e como ferramentas de georreferenciamento podem auxiliar a identificar estes impactos?***

Os resultados do capítulo 5 confirmam que na cidade de Feira de Santana, o setor da construção é um importante gerador de aspectos e impactos ambientais, como ocorre em outras cidades médias e grandes. Todavia diferente de algumas cidades que já apresentam instrumentos de gestão para reduzir ou mitigar estes efeitos, a cidade de Feira de Santana ainda tem deficiências no sistema de informação de dados urbanos e de controle do processo de construção. Alguns marcos legais aplicáveis ao setor de construção foram recentemente revistos com melhoria em seus instrumentos, entretanto ainda exigem tempo de implantação e carecem de instrumentos de controles do processo de construção e de políticas de promoção de uma construção de baixo impacto.

O levantamento sistematizou um panorama dos prédios a partir de 8 andares na cidade entre 1985 até 2017, não sendo identificada publicação anterior que reunisse esse número de prédios no período. O amplo estudo de imagens georreferenciadas permitiu caracterizar o padrão dos sistemas construtivos escolhidos pelas construções, informação que pode contribuir no método de avaliação do desempenho ambiental e em outros estudos.

Uma outra contribuição é apontar caminhos para desenvolver ferramentas de apoio ao treinamento e formação profissional, através da visualização de imagens de construções com recursos como a mudanças na perspectiva de observação do edifício representando suas interfaces como o entorno.

e) Questão 5: ***Como as escolhas de projeto e das atividades construtivas alteram a intensidade dos aspectos ambientais?***

Enquanto o capítulo 5 analisou os aspectos ambientais dos canteiros sob a perspectiva do entorno e da cidade (ambiente externo), o capítulo 6 abordou as fontes geradoras, ou seja, os canteiros de obras. Nesse sentido, o capítulo 6 apresentou os resultados do estudo de caso de 4 canteiros de obras na cidade de Feira de Santana, quanto as suas práticas de construção e gestão. O objetivo foi verificar como a escolha dos sistemas construtivos e do sistema de

controle interferem na performance dos canteiros. A avaliação foi feita através de um modelo híbrido combinando um instrumento nacional com a uma metodologia internacional.

Os resultados obtidos confirmam um uso intenso do lote para o segmento de prédios altos, com grande possibilidade de gerar efeitos externos negativos, como a ocupação temporária do passeio por materiais ou resíduos e o aumento da circulação de veículos de carga e descarga, caminhão betoneira e máquina pesadas.

O modelo híbrido apresentou viabilidade como instrumento de análise prévia na identificação das atividades e, a partir destas, na previsão dos principais aspectos ambientais gerados usando uma escala comparativa. Apesar de identificar a relevância de cada aspecto em uma mesma atividade (i.e., a análise sob perspectiva da atividade), o modelo tem limitações quando precisa comparar a contribuição das diversas atividades sobre a magnitude de um determinado aspecto (i.e., a análise sob perspectiva do aspecto ambiental).

Uma das lacunas identificadas no modelo foi que suas métricas não permitem avaliar o comportamento da intensidade dos impactos segundo o cronograma físico da obra, a qual foi abordada nos capítulos 7 e 8.

f) **Questão 6:** ***Como utilizar as bases de custos para auxiliar na avaliação do desempenho e na disseminação de conhecimento ambiental?***

No capítulo 7 a pesquisa analisou um grupo de bases de custos como fonte de dados quantitativos para previsão de aspectos ambientais em obras. As bases de custos de construção são utilizadas frequentemente como fonte secundária para estudos de desempenho ambiental, como observado na revisão bibliográfica. Em geral, essas as bases servem para analisar o fluxo de atividades de construção ou estimar o consumo e a geração de resíduos. Nesta etapa da pesquisa o objetivo foi verificar como sistematizar este uso.

Uma análise documental de projetos pedagógicos de 27 cursos de engenharia do Brasil identificou em 85% dos casos alguma citação às bases de custos como um de seus conteúdos. Todavia, dentre os programas que contavam com bases de custo, apenas 7% citavam também temas ambientais. Este cenário aponta para necessidade de rever a integração do tema nos programas e consequentemente na formação dos engenheiros.

Um grupo de seis bases de custos foram selecionadas entre aquelas mais citadas pela revisão do estado da arte e pelos programas de cursos. A análise das seis bases (três nacionais e três internacionais) quanto a capacidade de informação ambiental identificou aspectos comuns e diferenças entre as bases. No geral a maioria das bases têm baixa comunicação de

consumo de água e energia, sendo que a maioria considera estes itens nas despesas da obra, em vez de insumos cuja quantidade é determinada pelo tipo de cada atividade.

Os resultados confirmam a hipótese inicial, na qual a inserção de indicadores ambientais em bases de custos pode auxiliar na avaliação de desempenho, bem como aproveitar a rede de usuários para divulgar informação ambiental. Para isso, este uso precisa ser sistematizado, objetivo do capítulo 8.

g) Questão principal: ***Como prever a intensidade dos aspectos ambientais gerados pelo processo de construção?***

O capítulo 8 apresentou o método quantitativo para previsão de aspectos ambientais (*Environmental Aspects Prediction Method* - EAPM), reunindo as bases de custos analisadas no capítulo 7 e os principais indicadores ambientais abordados tanto na revisão bibliográfica quanto no estudo de caso. Durante o desenvolvimento do modelo foi observado que os dados de custos podem ser utilizados como base de dados quantitativas e comunicação de informação ambiental. O método de previsão incorporaria não apenas o grande volume de dados armazenados nestas bases (*big datas)*, algumas com de 8.000 composições unitárias, como também usaria a sua estrutura de classificação e manipulação das informações, e os recursos de geração de relatórios e apresentação dos resultados.

Adicionalmente um método integrado aproveitaria o conhecimento da base original para reduzir o tempo de aprendizado e aumentar a adesão, ao mesmo tempo aproveitaria sua grande rede de usuários para disseminar conhecimento ambiental entre gestores, construtores, projetistas e estudantes.

O EAPM também retoma a discussão sobre ações já abordadas em capítulo anteriores, como aquelas propostas pela ONU para tratar de questões urbanas: uso de tecnologia da informação, melhoria das capacidades institucionais e adoção de abordagens integradas. O EAPM neste caso, serviria como um dos instrumentos para promover a efetiva aplicação destas ações.

Diante disso, a solução proposta no EAPM traz contribuições relevantes para a área do conhecimento ao preencher uma lacuna que é a falta de ferramentas quantitativas para avaliação do desempenho de canteiros de obras. Adicionalmente o instrumento se mostrou de implantação e com capacidade de disseminar conhecimento ambiental entre usuários, inclusive aqueles em formação, visando promover uma cultura de construção de baixo impacto ambiental.

9.2 Divulgação do trabalho

Algumas ações já estão previstas para a divulgação da pesquisa apresentada nesta tese, entre as quais:

- Apresentar durante o I Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão do Instituto Federal da Bahia - I SEPEX IFBA de 14 a 15 de maior de 2019, os artigos já publicados : a) *A Quantitative Method for Prediction of Environmental Aspects in Construction Sites of Residential Buildings* e b) *Getting Environmental Information from Construction Cost Databases: Applications in Brazilian Courses and Environmental Assessment.*
- Submissão em periódico relevantes os artigos: a) *Bibliometric analysis and literature systematic review about construction environmental assessment tools*, e b) *Review about the Building Information Modeling (BIM) and accident prevention in construction sites*.
- Apresentação dos resultados da pesquisa ao corpo técnico e direção das empresas onde ocorreu a coleta de dados. Em algumas das empresas já foi apresentado os resultados das análises preliminares.

9.3 Trabalhos futuros

O conhecimento adquirido na compreensão do tema abordado e as conclusões sobre os resultados obtidos suscitaram novos desdobramentos para ampliar o impacto da pesquisa, bem como abordar tema correlatos em trabalhos futuros.

Entre estas ações destacamos:

- Compartilhar os resultados da pesquisa com outros centros de pesquisas que tratam sobre o tema na busca de futuras cooperações cientificas.
- Aplicar o EAPM em um ciclo completo de construção (preparação do terreno até a limpeza final) visando aperfeiçoar a ferramenta.
- Analisar o EAPM em obras de porte diferentes para comparar o comportamento destes canteiros na geração dos aspectos ambientais.
- Verificar a integração com programas de análise do avanço físico da obra como MS Project para analisar a variação dos aspectos ambientais no tempo, e depois usar estes dados no Autodesk Navisworks para simular esta variação.
- Analisar a inserção do EAPM em plataforma BIM para verificar possíveis contribuições do método para a simulação dos impactos da construção.

10 REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10151: Acústica-Avaliação do ruído em áreas habitadas.**Rio de JaneiroAssoicação Brasileira de Normas Técnicas, , 2000.

ABNT. **ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for useManagement**, 2015.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. São Paulo: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2017.

AKBARNEZHAD, A.; ONG, K. C. G.; CHANDRA, L. R. Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling. **Automation in Construction**, v. 37, p. 131–144, 2014.

ALMEIDA, E. L. G. DE; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 91–109, 2018.

ALMEIDA, M. et al. Life-cycle costs and impacts on energy-related building renovation assessments. **International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development**, v. 7, n. 3–4, p. 206–213, 15 out. 2016.

ALMEIDA, M. DA C. **SINAPI x ORSE : análise comparativa entre o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil e o sistema adotado pelo Governo do Estado de Sergipe**. Brasília, Brazil: Escola da Advocacia-Geral da União do Brasil, 2009.

ALWAN, Z.; JONES, P.; HOLGATE, P. Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework for strategic sustainable development, using Building Information Modelling. **Journal of Cleaner Production**, 13 mar. 2015.

AMEEN, R. F. M.; MOURSHED, M.; LI, H. A critical review of environmental assessment tools for sustainable urban design. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 55, p. 110–125, 2015.

ANDALUSIAN GOVERNMENT. **BCCA Base de Costes de la Construcción de Andalucia 2017**. Andalúcia.: Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía, 2017.

ANDRADE, F. C. DE et al. Acoustic Mapping of the Central Region of Curitiba -Brazil. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 19, p. 4301–4319, 2014.

ANDRADE, T. A.; SERRA, R. V. O recente desempenho das cidades médias no crescimento populacional urbano brasileiro. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 16, n. 1/2, p. 19–42, 2013.

ARAÚJO, I. P. S. **Metodologia para Medição de Emissão de Material Particulado em Canteiro de Obras**. [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2014.

ARAÚJO, I. P. S.; COSTA, D. B.; MORAES, R. J. B. DE. Identification and Characterization of Particulate Matter Concentrations at Construction Jobsites. **Sustainability**, v. 6, n. 11, p. 7666–7688, 3 nov. 2014.

ARAUJO, V. M. Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras. p. 228, 2009.

ASDRUBALI, F. et al. A comparison between environmental sustainability rating systems LEED and ITACA for residential buildings. **Building and Environment**, v. 86, p. 98–108, 1 abr. 2015.

AWADH, O. Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. **Journal of Building Engineering**, v. 11, p. 25–29, 2017.

AZEVEDO, G. O. D. DE; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. Construction waste in Salvador: ways to a sustainable management. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 65–72, mar. 2006.

AZEVEDO, R. C. DE; DE, R. C. **Sistema computacional para coleta, armazenamento e exibição de indicadores de desempenho e produtividade da construção civil**. [s.l: s.n.].

AZHAR, S. et al. Building information modeling for sustainable design and LEED ® rating analysis. **Automation in Construction**, v. 20, n. 2, p. 217–224, 2011.

BAHIA. Lei n. 12.932, de 7 de janeiro de 2014. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos - PERS da Bahia e define princípios e diretrizes.**, 2014.

BALLESTEROS, M. J. et al. Noise emission evolution on construction sites. Measurement for controlling and assessing its impact on the people and on the environment. **Building and Environment**, v. 45, n. 3, p. 711–717, 2010.

BANIAS, G. et al. Assessing multiple criteria for the optimal location of a construction and demolition waste management facility. **Building and Environment**, v. 45, n. 10, p. 2317–2326, out. 2010.

BARÓN CANO, J. L. et al. **Clasificación sistemática de precios básicos, auxiliares y unitarios**.

BARREIROS, M. A. F.; ABIKO, A. K. Avaliação de impactos de vizinhança utilizando matrizes numéricas. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 3, p. 23–38, set. 2016.

BASSI, A. et al. UK and Italian EIA systems: A comparative study on management practice and performance in the construction industry. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 34, p. 1–11, 2012.

BAUD, I.; DHANALAKSHMI, R. Governance in urban environmental management: Comparing accountability and performance in multi-stakeholder arrangements in South India. **Cities**, v. 24, n. 2, p. 133–147, 2007.

BITTENCOURT, M. **Avaliação de aspectos ambientais em canteiros de obras**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

BOCCHINI, P. et al. Resilience and Sustainability of Civil Infrastructure: Toward a Unified Approach. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 20, n. 2, p. 04014004, jun. 2014.

BOOTH, W.; COLOMB, G.; WILLIAMS, J. **The Craft of Research, Third Edition**. 2ª ed. Chicago: The University of Chicago Press, 2008.

BORJA, L. et al. A Quantitative Method for Prediction of Environmental Aspects in Construction Sites of Residential Buildings. **Sustainability**, v. 10, n. 6, p. 1870, 4 jun. 2018.

BORJA, L. et al. Getting Environmental Information from Construction Cost Databases: Applications in Brazilian Courses and Environmental Assessment. **Sustainability**, v. 11, n. 1, p. 187, 2019.

BRAGANÇA, L.; MATEUS, R.; KOUKKARI, H. Building sustainability assessment. **Sustainability**, v. 2, n. 7, p. 2010–2023, 2010.

BRASIL. Lei N° 10.257, de 10 de julho 2001. **Estatuto da Cidade**, 2001.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307/2002.**Conselho Nacional do Meio Ambiente, , 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº. 12.305 de 2 de agosto de 2010**. 3ª ed. Brasília: Câmara dos Deputados, 2010.

BRASIL. **Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013.**Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D7983.htm>. Acesso em: 21 mar. 2017

BRASIL GOV. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho- AET 2015**. Brasília: Ministério da Fazenda, 2015.

BRAZIL. **NR 18 - Work Conditions and Environment in the Construction Industry (portuguese)Ministério do Trabalho e Emprego**Brasília, BrazilMinistério do Trabalho e Emprego, , 2015. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-18-condicoes-e-meio-ambiente-de-trabalho-na-industria-da-construcao>

BROWN, J. D. Corporate Responsibility in the UK Construction Industry: A Study of Activities and Reporting. 2012.

CADENA, A. et al. **Building globally competitive cities: The key to Latin American**

growth _ summary. Seoul: McKinsey Global Institute, 2011.

CALVO, N.; VARELA-CANDAMIO, L.; NOVO-CORTI, I. A dynamic model for construction and demolition (C&D) waste management in Spain: Driving policies based on economic incentives and tax penalties. **Sustainability**, v. 6, n. 1, p. 20, 2014.

CARDOSO, F. F. et al. **Impactos Ambientais dos Canteiros de Obras : Uma preocupação que vai além dos resíduos**. XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: A Construção do Futuro (ENTAC 2006). **Anais**...Brasil: 2006

CARDOSO, F. F.; ARAUJO, V. M. Redução De Impactos Ambientais Do Canteiro De Obras. n. 2386, 2004.

CARDOSO, F. F. C.; ARAUJO, V. M. **Levantamento do estado da arte: Canteiro de obras**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP., 2007.

CARDOSO, L. The Politics of Noise Control in São Paulo. **Journal of Latin American Studies**, p. 1–29, 21 dez. 2016.

CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI-Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 2 mar. 2018.

CEHOP, C. E. DE H. **Obras Públicas de Sergipe**.

CHEN, Z.; LI, H. **Environmental Management in Construction: A Quantitative Approach**. London: Taylor & Francis Group, 2006.

CHEN, Z.; LI, H.; WONG, C. T. C. Environmental Management of Urban Construction Projects in China. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 126, n. 4, p. 320–324, 1 jul. 2000.

CHONG, H.-Y.; LEE, C.-Y.; WANG, X. A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 4114–4126, 20 jan. 2017.

CHUA, D. K.; GODINOT, M. Use of a WBS Matrix to Improve Interface Management in Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 1, p. 67–79, 2006.

CIBIC, C. B. DA I. DA C.-C. **Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil**. Brasília - Brasil: Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC, 2017. v. 1

COMUNIDAD DE MADRID, D. G. DE A. Y V. **Base de Precios de la Construcción de la Comunidad de Madrid - BCC 2007.** Disponível em: <http://www.madrid.org/bdccm/principal.htm>. Acesso em: 29 nov. 2017.

CONDEIXA, K.; HADDAD, A.; BOER, D. Material Flow Analysis of the Residential Building Stock at the city of Rio de Janeiro. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 1249–1267, 2017.

COSTA, D. B. et al. **Sistema de indicadores para Benchmarking na construção civil**. Porto Alegre - RS: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - UFRG, 2005.

COSTA, R. J. G. et al. Reabilitação sustentável de edifícios antigos – Contribuição para os edifícios de balanço energético nulo (nZEB) e otimização do nível de sustentabilidade. **Revista Engenharia Civil** , v. 49, p. 65–80, 2014.

CYPE INGENIEROS. **Generator prices for construction version Brasil (in portuguese)**. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/>. Acesso em: 1 dez. 2017.

DE CARVALHO, A.; GRANJA, A.; DA SILVA, V. A Systematic Literature Review on Integrative Lean and Sustainability Synergies over a Building's Lifecycle. **Sustainability**, v. 9, n. 7, p. 1156, 2 jul. 2017.

DE HABITAÇÃO, C.-C. E. **Obras Públicas de Sergipe**. Disponível em: <http://www.cehop.se.gov.br/>. Acesso em: 3 out. 2017.

DE LASSIO, J. et al. Case Study: LCA Methodology Applied to Materials Management in a Brazilian Residential Construction Site. **Journal of Engineering**, v. 2016, n. April, p. 9, 2016.

DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. **Sistemas de gestão ambiental em emrpesas construtoras de edifícios**. I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais**...São Paulo: 2004

DING, G. K. C. Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. **Journal of Environmental Management**, v. 86, n. 3, p. 451–464, 2008.

DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro 2010**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2010.

DOBBS, R. et al. **Urban world: Mapping the economic power of cities**. Seoul: McKinsey Global Institute, 2011.

ENGLER, M. et al. Identificação de práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho em obras de construção civil Identification of health and safety managerial practices in construction sites. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 3, p. 43–58, 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **Regulation (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the voluntary participation by organisations in a community eco-management and audit scheme (EMAS)**Brussles,

BelgiumEuropean Comission, , 2009.

EUROPEAN COMMISSION. **Regulation (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and of the Council on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS)**BruxelasEuropean Comission, , 2013a. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu>. Acesso em: 18 out. 2017

EUROPEAN COMMISSION. **User's guide EMAS, under Regulation (EC) No 1221/2009 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2009 on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS)**BruxelasEuropean Comission, , 2013b. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT>. Acesso em: 18 jul. 2017

FEIRA DE SANTANA. Lei Nº 3785, de 19 de dezembro de 2017. **Política Municipal de Resíduos Sólidos**, p. 25, 2017.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar Nº 117, de 20 de dezembro de 2018. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Territorial do Município de Feira de Santana**, p. 161, 2018a.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar Nº 120, de 20 de dezembro de 2018 - Código de Meio Ambiente de Feira de Santana. **Diário Oficial do Município de Feira de Santana**, v. 903, p. 82, 2018b.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar Nº 118, de 20 de dezembro de 2018 - Lei de Ordenamento de Uso e Ocupação do Solo. **Diário Oficial do Município de Feira de Santana**, v. 898, p. 183, 2018c.

FEIRA DE SANTANA. Lei Complementar Nº 119, de 20 de dezembro de 2018 - Código de Obras de Feira de Santana. **Diário Oficial do Município de Feira de Santana**, v. 902, p. 35, 2018d.

FERREIRA, J.; PINHEIRO, M. D.; BRITO, J. DE. Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis. **Energy and Buildings**, v. 69, p. 451–463, fev. 2014.

FIORANI, V. M. A. Compensação ambiental de canteiros de obras em ambientes urbanos: um foco no meio antrópico. 2016.

FREITAS, C.; GOMES, V. G.; BORGES, M. Planejamento urbano com uso de sistema de informação geográfica: o caso de Feira de Santana, BA. **Universitas: Arquitetura e Comunicação Social**, v. 10, n. 1, p. 35–45, 2013.

FUERTES, A. et al. An Environmental Impact Causal Model for improving the environmental performance of construction processes. **Journal of Cleaner Production**, v.

52, p. 425–437, ago. 2013.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Nota Técnica 1 Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012 Resultados Preliminares**. Belo Horizonte: Fundação José Pinheiro, 2014.

GANGOLELLS, M. et al. A methodology for predicting the severity of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. **Building and Environment**, v. 44, n. 3, p. 558–571, mar. 2009.

GANGOLELLS, M. et al. Assessing concerns of interested parties when predicting the significance of environmental impacts related to the construction process of residential buildings. **Building and Environment**, v. 46, n. 5, p. 1023–1037, maio 2011.

GANGOLELLS, M. et al. Model for Enhancing Integrated Identification, Assessment, and Operational Control of On-Site Environmental Impacts and Health and Safety Risks in Construction Firms. **Journal of Construction Engineering and Management**, n. 2, p. 138–147, 2013.

GANGOLELLS, M. et al. Predicting on-site environmental impacts of municipal engineering works. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 44, p. 43–57, jan. 2014.

GOU, Z.; XIE, X. Evolving green building: triple bottom line or regenerative design? **Journal of Cleaner Production**, v. 153, p. 600–607, jun. 2017.

GRÜNBERG, P. R. M.; MEDEIROS, M. H. F. DE; TAVARES, S. F. Environmental certification for habitations: comparison between LEED for Homes, Aqua Process and" Selo Casa Azul". **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 195–214, 2014.

GUIMARÃES, M. S. O. **Diretrizes para desenvolvimento de canteiro de obras habitacional de baixo impacto ambiental**. Salvador - BA: Universidade Federal da Bahia, 2013.

HAAPIO, A. Towards sustainable urban communities. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 32, n. 1, p. 165–169, 2012.

HAAPIO, A.; VIITANIEMI, P. A critical review of building environmental assessment tools. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 28, n. 7, p. 469–482, 2008.

HADDAD, A. N.; LASSIO, J. G. G. DE. Life cycle assessment of building construction materials: case study for a housing complex. **Revista de la construcción**, v. 15, n. 2008, p. 69–77, 2016.

HE, J. et al. Framework for integration of urban planning, strategic environmental assessment and ecological planning for urban sustainability within the context of China. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 6, p. 549–560, 2011.

HK CONSTRUCTION ASSOCIATION. **Best Practice Guide for Environmental**

Protection on Construction Sites. Hong Kong: HONG KONG CONSTRUCTION ASSOCIATION, 2013.

HOLANDA, M. J. DE O. et al. Diagnosis of Irregular Disposal of Construction and Demolition Waste (CDW) in the City of Olinda / PE. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 21, n. 16, p. 5115–5128, 2016.

HUANG, T. et al. Materials demand and environmental impact of buildings construction and demolition in China based on dynamic material flow analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 72, p. 91–101, mar. 2013.

IBAMA, I. B. DO M. A. E DOS R. N. R. **Instrução Normativa nº13 de 18 de dezembro de 2012 - Lista Brasileira de Resíduos Sólidos.Diário Oficial da União**Brasília - BrasilInstituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recruso Naturais Renováveis., , 2012.

IBGE. Censo Demográfico 2010 - Características da População e dos Domicílios - Resultados do Universo. p. 270, 2011.

IBGE. De Geografia E Estatística - Ibge. **Atlas do Censo Demográfico 2010**, p. 156, 2013.

IBGE. **Pesquisa anual da indústria da construção 2015**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

IBGE. **Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil**. Riod e Janeiro: IBGE, 2015b.

IBGE, I. B. DE G. E E. **Cidades@**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 fev. 2018.

IEA. Summary Energy and Air Pollution. **World Energy Outlook - Special Report**, p. 4, 2016.

ILLANKOON, I. M. C. S. et al. Key credit criteria among international green building rating tools. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 209–220, 15 out. 2017.

ITEC, I. DE T. DE LA C. DE C. **BEDEC - Banco Estructurado de Datos de Elementos Constructivos**. Disponível em: <https://metabase.itec.cat/vide/ca/bedec>. Acesso em: 6 fev. 2018.

JCR JOINT RESEARCH CENTER. **Best environmental management practice for the building and construction sector.** Seville - Spain: EcoManagement and Audit Scheme (EMAS), 2012.

JOHN, W. M.; PRADO, R. T. A. **SELO AZUL CAIXA - Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável**. Caixa Econ ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

JONES, P.; COMFORT, D.; HILLIER, D. Corporate social responsibility and the UK construction industry. **Journal of Corporate Real Estate**, v. 8, n. 3, p. 134–150, 2006.

JRADE, A.; AFANA, O. Integrating sustainable green roofs with building information modeling. **Proceedings, Annual Conference - Canadian Society for Civil Engineering**, v. 1, p. 715–724, 2012.

JUNTA DE ANDALUCÍA. **Memoria da Base de Costes de la Construcción de Andalucía - BCCA**. Andalucía: [s.n.]. Disponível em: <https://ws147.juntadeandalucia.es/obraspublicasyvivienda/davwebviv/Banco de precios/BCCA_2017/MEMORIA_BCCA_2017_v1.0.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.

KANTOVÁ, R. Construction Machines as a Source of Construction noise. **Procedia Engineering**, v. 190, p. 92–99, 2017.

KARPINSK, L. et al. **Gestão Diferenciada de Resíduos da Construção PUCRS**. Porto Alegre: ediPUCRS, 2009.

KASIROSSAFAR, M.; SHAHBODAGHLOU, F. Building information modeling or construction safety planning. **ICSDEC 2012: Developing the Frontier of Sustainable Design, Engineering, and Construction - Proceedings of the 2012 International Conference on Sustainable Design and Construction**, p. 1017–1024, 2013.

KIM, G.-H.; PARK, H.-Y.; SHIN, J. An assessment of the accuracy of cost estimation using building information modeling in design process. **Applied Mechanics and Materials**, v. 291–294, p. 2822–2825, 2013.

KNEIFEL, J. Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 3, p. 333–340, 2010.

KOSKELA, L.; OWEN, R.; DAVE, B. Lean construction, building information modelling and sustainability. **Eracobuild Workshop, Malmö, Sweden**, v. 44, n. 0, p. 1–8, 2010.

KOURTIT, K.; NIJKAMP, P.; PARTRIDGE, M. D. Challenges of the New Urban World. **European Planning Studies**, v. 20, n. 1, p. 1–17, 2015.

KOURTIT, K.; NIJKAMP, P.; REID, N. The new urban world: Challenges and policy. **Applied Geography**, v. 49, p. 1–3, maio 2014.

LEE, W. L. A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. **Energy and Buildings**, v. 62, p. 403–413, 2013.

LEITE, A. D. CAPÍTULO 16 – Crescimento econômico, consumo de energia e meio ambiente. In: **A Economia Brasileira – De Onde Viemos E Onde Estamos**. Rio de Janeiro - Brasil: Elsevier, 2011. p. 133–142.

LI, H. et al. A quantitative approach to construction pollution control based on resource levelling. **Construction Innovation**, v. 2, n. 2, p. 71–81, jun. 2002.

LI, X. et al. An assessment framework for analyzing the embodied carbon impacts of

residential buildings in China. **Energy and Buildings**, v. 85, p. 400–409, 2014.

LI, Y. et al. Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 106, p. 9–20, 2016.

LI, Y.; ZHANG, X. Web-based construction waste estimation system for building construction projects. **Automation in Construction**, v. 35, p. 142–156, 2013.

LIBRELOTTO, G. R. **Comparação entre os critérios de avaliação envolvidos nos sistemas de certificação de edificações aqua e leed for schools**, 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/26045>. Acesso em: 23 fev. 2014

LLATAS, C. A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. **Waste Management**, v. 31, n. 6, p. 1261–1276, 2011.

LOLLO, J. A. DE; ROHM, S. A. Proposta de Matriz para Levantamento e Avaliação de Impactos de Vizinhança. **HOLOS Environment**, v. 5, p. 169–183, 2005.

LOLLO, J. A. DE; RÖHM, S. A. Aspectos negligenciados em estudos de impacto de vizinhança. **Estudos Geográficos**, v. 3, n. 2, p. 31–45, 2005.

LOLLO, J.; RÖHM, S. Land parceling and neighborhood impacts in Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 3, n. 1, p. 23–31, 30 jun. 2009.

LÓPEZ-VALCÁRCEL, A.; LIMA JÚNIOR, J. M.; DIAS, L. A. **Segurança e Saúde no Trabalho da Construção: experiência brasileira e panorama internacional**. Brasília: OIT - Secretaria Internacional do Trabalho, 2005.

LU, W. et al. The S-curve for forecasting waste generation in construction projects. **Waste Management**, v. 56, 2016.

LUBISCO, NÍDIA MARIA LEINERT; VIEIRA, S. C. **Manual de estilo acadêmico: trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses**. 5. ed. Salvador: EUFBA, 2013.

MAGALHÃES, R. F. DE; DANILEVICZ, Â. DE M. F.; SAURIN, T. A. Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects. **Waste Management**, n. May, 2017.

MAGAROTTO, M. G.; SANTOS, T.; SILVA, C. P. **Análise do impacto da verticalização em áreas urbanas**. IX Congresso da Geografia Portuguesa: Geografia, Espaço, Natureza, Sociedade e Ciencia. **Anais**...2013

MÁLIA, M. et al. Construction and demolition waste indicators. **Waste Management & Research**, v. 31, n. 3, p. 241–255, 2013.

MÁLIA, M.; BRITO, J. DE; BRAVO, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 117–130, 2011.

MANSO, A. C.; FONSECA, M. S.; ESPADA, J. C. **Informação Sobre Custos: Fichas de**

rendimentos. Lisboa: LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2005.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo - SP: Editora Atlas, 2003.

MARTINETTI, THAÍS H.; RÖHM, SÉRGIO A.; LOLLO, J. A. et al. **Avaliação de impactos de vizinhança no meio físico usando sistema de informações geográficas – o caso de pólo de alta tecnologia de São Carlos (SP)**. 6º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. **Anais**...2007Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=493&numeroEdicao=14>. Acesso em: 1 nov. 2015

MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT–H. **Building and Environment**, v. 46, n. 10, p. 1962–1971, 2011.

MATEUS, R. F. M. DA S. **Avaliação da Sustentabilidade da Construção: propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis**. Minho: Universidade do Minho, 2009.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo - SP: Pini, 2010.

MATTOSINHO, C. M. DOS S. **Um estudo multicaso sobre a aplicabilidade da metodologia de produção mais limpa em construtoras do setor de edificações da região metropolitana do Recife/PE**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

MEDEIROS, L. M. et al. Contribution of life cycle assessment to the quantification of the environmental impacts of construction systems. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 365–385, 2018.

MILION, R. N.; PALIARI, J. C.; LIBONI, L. H. B. Improving consumption estimation of electrical materials in residential building construction. **Automation in Construction**, v. 72, p. 93–101, dez. 2016.

MIRANDA, R. C. DA R. Conhecimento estratégico: caracterização e Identificação Baseada em Revisão Sistemática e Bibliométrica. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 28, n. 1, 2 abr. 2018.

MOLDAN, B.; JANOUŠKOVÁ, S.; HÁK, T. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. **Ecological Indicators**, v. 17, p. 4–13, jun. 2012.

MORAES, R. J. B. DE; COSTA, D. B.; ARAÚJO, I. P. S. Particulate Matter Concentration from Construction Sites: Concrete and Masonry Works. **Journal of Environmental Engineering**, v. 142, n. 11, p. 05016004, nov. 2016.

NAKANO, D. et al. Writing the literature review for empirical papers. **Production Journal**, v. 28, n. x, p. 0–0, 2018.

NESS, B. et al. Categorising tools for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v. 60, n. 3, p. 498–508, jan. 2007.

NETO, P. S. G.; DE LOLLO, J. A. Analysis of neighborhood impacts arising from implementation of supermarkets in city of São Carlos. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 4, n. 2, p. 63–73, 2010.

OLIVEIRA, J. A. DA C. Ferramenta para avaliação da sustentabilidade ambiental na fase de execução de edifícios no Distrito Federal. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, p. 11–21, 2012.

OLVEIRA, T. L. C. DE; KIPERSTOK, A.; CÉSAR, S. F. **Nuisance in the neighborhood during building construction and impact of noise**. Salvador - BA: Federal Univesity of Bahia - Brazil, 2016.

ONU. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**. New York: United Nations, 2014.

PALACIOS, J. R. V.; MOLINA, J. F. Q. Determination of the construction cost of the different classifications for a sustainable dwelling in the City of Cuenca, Ecuador. **Hábitat Sustentable**, v. 7, n. 2, p. 28–39, 30 dez. 2017.

PAZ, D. H.; LAFAYETTE, K. P. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 8, p. 708–716, 2016.

PENALOZA, G. A.; SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. Identification and assessment of requirements of temporary edge protection systems for buildings. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 58, p. 90–108, mar. 2017.

PEREIRA, D. J. C.; CARDOSO, D. J. **EZ-BUD : orçamentação na nuvem**. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, 2012.

PETROVIC-LAZAREVIC, S.; PETROVIC, S. Corporate Governance: The international journal of business in society Good corporate citizenship in the Australian construction industry Good corporate citizenship in the Australian construction industry. **Iss Social Responsibility Journal Iss**, v. 10, n. 5, p. 39–49, 2010.

PINI. **Tables for Compositions of Prices for Budgets (TCPO)**. (portugues ed. Rio de Janeiro: PINI, 2013.

PINTO, T. DE P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Carlos - SP - Brazil: Universidade de São Paulo, 1999.

PMFS, P. M. DE F. DE S. **Lei Complementar Nº 086, de 24/09/2014. Institui a lei do**

ordenamento do uso e da ocupação do solo, 2014.

PRIORI JUNIOR, L. **Estudo exploratório sobre gestão mais sustentável em canteiros de obras na Região Metropolitana do Recife**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

QIU, X. Sustainable design with building information modeling based on PepsiCo opened the first green plant in China. **Proceedings - 2011 4th International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, ICIII 2011**, v. 1, p. 279–282, 2011.

ROMOLINI, M. et al. Toward an Understanding of Citywide Urban Environmental Governance: An Examination of Stewardship Networks in Baltimore and Seattle. **Environmental Management**, v. 58, n. 2, p. 254–267, 2016.

SAADE, M. R. M.; SILVA, M. G. DA; SILVA, V. G. DA. Methodological discussion and piloting of LCA-based environmental indicators for product stage assessment of brazilian buildings. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 9, n. 1, p. 43, 31 ago. 2014.

SÁEZ, P. V.; MERINO, M. DEL R.; PORRAS-AMORES, C. Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 2, p. 137–146, 2012.

SÁEZ, P. V.; PORRAS-AMORES, C.; DEL RÍO MERINO, M. New quantification proposal for construction waste generation in new residential constructions. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, 2015.

SANDANAYAKE, M.; ZHANG, G.; SETUNGE, S. Environmental emissions at foundation construction stage of buildings - Two case studies. **Building and Environment**, v. 95, p. 189–198, 2016.

SANTO, S. M. et al. População e meio ambiente no umbral do século XXI na cidade de Feira de Santana (Bahia – Brasil). **Scripta Nova. Revista electrónica de Ciencias Sociales**, v. XVI, n. 403, p. 1–37, 2012.

SANTOS, R.; COSTA, A. A.; GRILO, A. Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. **Automation in Construction**, v. 80, p. 118–136, 2017.

SATTERTHWAITE, D. The Role of Cities in Sustainable Development. **Environment**, v. 1, n. April, p. 1–8, 2004.

SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R. **Construção e Meio Ambiente - Volume 7**. Porto Alegre: Habitare - Programa de Tecnologia de Habitação., 2006. v. 7

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de**

Processos. Porto Alegre - RS: ANTAC, 2006. v. 3

SCALCO, V. A. et al. Impacto de novas edificações na vizinhança: proposta de método para a análise das condições de iluminação natural e de insolação. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 2, p. 171–187, 2010.

SEDUR-BA. **Caracterização e Quadros de Análise Comparativa da Governança Metropolitana no Brasil: Arranjos Institucionais de Gestão Metropolitana**. Salvador: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2013.

SERRANO, A. Á. R.; ÁLVAREZ, P. S. Life Cycle Assessment in Building: A Case Study on the Energy and Emissions Impact Related to the Choice of Housing Typologies and Construction Process in Spain. **Sustainability**, v. 8, n. 3, p. 287, 22 mar. 2016.

SEV, A. How Can the Construction Industry Contribute to Sustainable Development ? A Conceptual Framework. **Sustainable Development**, v. 17, n. October 2008, p. 161–173, 1 maio 2009.

SHARIFI, A.; MURAYAMA, A. A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 38, p. 73–87, 2013.

SHARIFI, A.; MURAYAMA, A. Neighborhood sustainability assessment in action: Cross-evaluation of three assessment systems and their cases from the US, the UK, and Japan. **Building and Environment**, v. 72, p. 243–258, 2014a.

SHARIFI, A.; MURAYAMA, A. Viability of using global standards for neighbourhood sustainability assessment: insights from a comparative case study. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 0, n. 0, 2014b.

SHEN, L.-Y. et al. A computer-based scoring method for measuring the environmental performance of construction activities. **Automation in Construction**, n. 14, p. 297–309, 2005.

SHEN, L.-Y. et al. The application of urban sustainability indicators – A comparison between various practices. **Habitat International**, v. 35, n. 1, p. 17–29, jan. 2011.

SHEN, L. Y. et al. A checklist for assessing sustainability performance of construction projects. **Journal of civil engineering and management**, n. May 2014, p. 37–41, 2010.

SILVA, C. et al. Security Management Benefits at Work in Monitoring Individual Protection Equipment (IPE) and Collective Security Systems (CSS), Procedures and Methods in Industry Construction. **Business Management Dynamics**, v. 6, n. 7, p. 19–26, 2017.

SILVA, A. N. R. DA; COSTA, M. DA S.; MACEDO, M. H. Multiple views of sustainable urban mobility: The case of Brazil. **Transport Policy**, v. 15, n. 6, p. 350–360, nov. 2008.

SILVA, V. G. DA. **Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica**. São Paulo - SP: USP, 2007.

SILVA, V. G. DA; SILVA, M. G. DA;; AGOPYAN, V. Building assessment in Brazil: from environmental to sustainability assessment. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 3, p. 7–18, 16 abr. 2003.

SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 2, p. 189–212, mar. 2009.

SOLÍS-GUZMÁN, J. et al. A Spanish model for quantification and management of construction waste. **Waste Management**, v. 29, n. 9, p. 2542–2548, 2009.

SONG, L.; LIANG, D. Lean construction implementation and its implication on sustainability: a contractor's case study. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 38, p. 350–359, 2011.

SONG, Y. et al. Development of a hybrid model to predict construction and demolition waste: China as a case study. **Waste Management**, v. 59, p. 350–361, 2017.

SOUZA, J. L. **Proposta metodológica de cálculo para a pegada hídrica na construção civil imobiliária**. Fortaleza - CE: Universidade Federal do Ceará, 2014.

STAMM, H. R. **Método para avaliação de impacto ambiental (aia) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa catarina, 2003.

STOY, C.; SCHALCHER, H.-R. Residential Building Projects: Building Cost Indicators and Drivers. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 133, n. 2, p. 139–145, fev. 2007.

TADEU, S. et al. Energy retrofit of historic buildings: Environmental assessment of cost-optimal solutions. **Journal of Building Engineering**, v. 4, p. 167–176, 2015.

TAM, C. .; TAM, V. W. .; TSUI, W. . Green construction assessment for environmental management in the construction industry of Hong Kong. **International Journal of Project Management**, v. 22, n. 7, p. 563–571, 2004.

TAM, V. W. Y. et al. Environmental performance measurement indicators in construction. **Building and Environment**, v. 41, n. 2, p. 164–173, 2006.

THOMAS, N. I. R. et al. Adoption of environmental practices on construction sites. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 4, p. 9–24, dez. 2017.

TOMOMITSU, H. T. A. et al. A evolução da relação entre a gestão de projetos e a gestão do conhecimento: um estudo bibliométrico. **Gestão & Produção**, v. 25, n. 2, p. 354–369, 23 out. 2017.

TSIMPLOKOUKOU, K.; LAMPERTI, M.; NEGRO, P. **Building Design for Safety and Sustainability**. 2014. ed. Ispra (VA), Italy: European Comission, 2014.

VAZQUEZ, E. et al. Sustainability in civil construction: application of an environmental certification process (LEED) during the construction phase of a hospital enterprise – Rio de Janeiro/Brazil. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 8, n. 1, p. 1–19, 31 jan. 2013.

WEBB, R. et al. Sustainable urban systems: Co-design and framing for transformation. **Ambio**, p. 1–21, 2017.

WEO. World Energy Outlook. **International Energy Agency**, p. 690 pp., 2014.

WONG, I. L.; KRUGER, E. Comparing energy efficiency labelling systems in the EU and Brazil: Implications, challenges, barriers and opportunities. **Energy Policy**, v. 109, p. 310–323, 1 out. 2017.

WONG, P. S. P. et al. Can energy efficiency rating and carbon accounting foster greener building design decision? An empirical study. **Building and Environment**, v. 87, p. 255–264, 2015.

ZANNIN, P. H. T. et al. A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: The importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 23, n. 2, p. 245–255, 2003.

ZANNIN, P. H. T.; SANT'ANA, D. Q. DE. Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project – A case study in Brazil. **Applied Acoustics**, v. 72, n. 8, p. 479–486, jul. 2011.

ZHANG, S. et al. Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. **Automation in Construction**, v. 29, p. 183–195, 2013.

ZHANG, X. et al. A prototype system dynamic model for assessing the sustainability of construction projects. **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 1, p. 66–76, 2014.

11 APÊNDICES

Apêndice 1 - Cap. 6 - Prédios residenciais alto em Feira de Santana (1985 a 2018)..... 232
Apêndice 3 - Cap. 6 - F01 Roteiro da Coleta de Dados 233
Apêndice 4 - Cap. 6 - F02 – Caracterização da Empresa..... 235
Apêndice 5 - Cap. 6 - F03 Caracterização do Empreendimento 236
Apêndice 6 - Cap. 6 - F04 - Roteiro do Registro Fotográfico do Canteiro 238
Apêndice 7 – Cap. 6 - F05 Caracterização da Equipe da Obra 239
Apêndice 8 – Cap. 6 - F06 – Práticas Construtivas e Aspectos Ambientais 240
Apêndice 9 – Cap. 6 - F07 Cadeia de Suprimentos - Fundações 242
Apêndice 10 – Cap. 7 - Sítios eletrônicos consultados..... 243
Apêndice 11 – Cap. 7 – Bases de dados de custos e os Programa das disciplinas..... 244
Apêndice 12 – Cap. 8 – Inputs and outputs per service unit (related to Matrix C)..... 245
Apêndice 13 – Cap. 8 – B Contribution of inputs and outputs to environmental aspects (related to Matrix W)..... 246
Apêndice 14 – Cap. 8 – Environmental aspects per unit of services (from Matrix A) 247
Apêndice 15 – Cap. 8 – D. Global environmental aspects from Construction Site 1 248
Apêndice 16 – Cap. 8 – E. Global environmental aspects from Construction Site 2..... 249
Apêndice 17 – Cap. 8 – F. The generation rate of environmental aspects from the construction sites 250
Apêndice 18 – Publicações..... 251
Apêndice 19 – Ações de difusão do conhecimento adquirido**Erro! Indicador não definido.**

Apêndice 1 - Cap. 6 - Prédios residenciais alto em Feira de Santana (1985 a 2018)

Nome do Prédio	Ano (1) conclusão	Bairro	Número de Andares (2)	Construtora (3)	Endereço
Ed. Falcão	1985	Capuchinhos	8 andares	Falcão Construtora	Rua Governador Juraci Magalhães, 403
Ed. D'Alamo	1985	Capuchinhos	7 andares	Falcão Construtora	Rua Marechal Castelo Branco, s/n
Ed. Portal das Mansões	1990	Santa Mônica	14 andares	Itajubá Construtora	R. Canindé s/n
Ed. Portal da Praça	1990	Centro	13 andares	Itajubá Construtora	R. Aristídes Novis, 139
Ed. Portal do Jardim	1990	Centro	15 andares	Itajubá Construtora	Rua Juracy Magalhães Jr., 170
Ed. Vila Serena	1991	Centro	11 andares	Esteio Construtora	R. Castro Alves, 1605
Ed. Kalilândia Residence	1991	Kalilândia	11 andares	OMR Construtora	Rua Sabino Silva, 322
Ed. Morada Real	1993	Ponto Central	11 andares	OMR Construtora	R. Francisco da Silva, 164
Ed. Palais de versáille	1997	Capuchinhos	16 andares	OMR Construtora	R. Rio Amazonas, 500
Ed. Maison D'Etoile	1997	Capuchinhos	16 andares	OMR Construtora	R. Rio Amazonas, 450
Ed. Terraços da Torre	1997	Kalilândia	17 andares	M. Alves Construtora	R. Cachoeira, 222
Ed. Morada Imperial	1997	Kalilândia	11 andares	M. Alves Construtora	R. Boticário Moncorvo, 825
Ed. Mansão Beverly Hills	1997	Kalilândia	16 andares	M. Alves Construtora	R. Domingos Barbosa de Araújo, 710
ED. Residencial Tito Barreiros Machado	1998	Ponto Central	16 andares	OMR Construtora	R. das Palmeiras, 215
Ed. Mansão Tereza Santana	1999	Santa Mônica	16 andares	OMR Construtora	R. Nossa Sra. Aparecida, 1530
Ed. Florida Tower	1999	Ponto Central	s/d	s/d	R. Gen. João Costa, 655
Cond. Recanto das Ilhas - Ed. Aruba	2000	Caseb	11 andares	M. Alves Construtora	Av. João Durval Carneiro, 3800
Cond. Recanto das Ilhas - Ed. Bahamas	2000	Caseb	11 andares	M. Alves Construtora	Av. João Durval Carneiro, 3800
Ed. Mansão Manoel Alves Pereira	2001	Santa Mônica	17 andares	M. Alves Construtora	R. Mal. Castelo Branco, 597
Ed. Morada Maria Quitéria	2002	Queimadinha	12 andares	FCK Construtora	R. Teófilo Otoní, 48
Cond. Belleville - Torre A	2002	Ponto Central	16 andares	OMR Construtora	R. das Palmeiras, 90
Cond. Belleville - Torre B	2002	Ponto Central	16 andares	OMR Construtora	R. das Palmeiras, 90
Ed. Mansão Orion	2002	Kalilândia	17 andares	OMR Construtora	R. Cachoeira, 90
Ed. Mansão Amélio Amorim	2004	Ponto Central	21 andares	M. Alves Construtora	R. Gov. Juraci Magalhães, 870
Ed. Mansão Saint Germain	2005	Ponto Central	17 andares	R. Carvalho Construtora	Av. Santo Antônio, 899
Ed. Residencial JCP	2007	Ponto Central	14 andares	Donelisa Construtora	R. Bernardino Oliveira Bastos, 140
Cond. José da Costa Falcão - Ed. João Falcão	2007	Santa Mônica	21 andares	R. Carvalho Construtora	R. São Pedro, 365
Cond. José da Costa Falcão - Ed. Lourdes Falcã	2007	Santa Mônica	21 andares	R. Carvalho Construtora	R. São Pedro, 365
Cond. Residencial Villa D'Itália - Torre A	2007	Pedra do Desca	8 andares	R. Carvalho Construtora	Av. Antonio Bernardino de Carvalho
Cond. Residencial Villa D'Itália - Torre B	2007	Pedra do Desca	8 andares	R. Carvalho Construtora	Av. Antonio Bernardino de Carvalho
Cond. Residencial Villa D'Itália - Torre C	2007	Pedra do Desca	8 andares	R. Carvalho Construtora	Av. Antonio Bernardino de Carvalho
Ed. Antônio Torres Coelho	2007	Santa Mônica	13 andares	OMR Construtora	R. São Domingos, 766
Ed. Residencial Margarida Ribeiro	2008	Ponto Central	16 andares		R. Domingos Barbosa de Araújo, 1050
Cond. Vila das Flores	2008	Muchila	10 andadres	Norcon	R. Dr. Macário Cerqueira, 877A
Edf. Loft Privilégio	2009	Capuchinhos	13 andares	Donelisa Construtora	R. Mal. Castelo Branco, 44
Ed. Parc da France	2010	Santa Mônica	25 andares	R. Carvalho Construtora	Rua São João Batista, 100
Ed. Vert Santa Mônica	2013	Santa Mônica	13 andares	MA Almeida	R. São João do Cairi, 709
Ed. Star Residence	2013	Santa Mônica	18 andares	Belvedere Construtora	R. Santa Leopoldina, 170
Ed. Ville de Lyon	2014	Santa Mônica	25 andadres	Belvedere Construtora	R. Riolândia, 2
Ed. Senador Life - 2 torres	2014	Olhos D'Água	12 andares	L Marquezzo	Rua Sen. Quintino, 637
Ed. Vivant Prime Residence	2015	Santa Mônica	25 andadres	Marinho Empreendimen	R. Santa Leopoldina, s/n
Ed. Dom Vertical Home	2015	Santa Mônica	16 andares	MA Almeida	Rua Nossa Senhora Aparecida, Nº 1318
Ed. Ville de Mônaco (torres 1 e 2)	2016	Santa Mônica		Liz Construções	R. São Roque, 652
Ed. Prestige Residence	2016	Santa Mônica	21 andares	Marinho Empreendimen	R. Riolândia, s/n
Ed. Palácio de Buckingham	2017	Santa Mônica	25 andares	Marinho Empreendimen	R. Riolândia, s/n
Ed. Maison Beau Rivage	2017	Santa Mônica	27 andares	Belvedere Construtora	R. Mal. Castelo Branco, 931
Ed. Magnifique Residence	2017	Santa Mônica	18 andares	Cruz Oliveira	R. São Pedro, 329

Nota: O prédio D'Alamo foi incluído, por ser um dos primeiros empreendimentos residenciais de múltiplos pavimentos acima de 4 andares na cidade de Feira de Santana.

Apêndice 2 - Cap. 6 - F01 Roteiro da Coleta de Dados

Formulário de identificação dos instrumentos e técnicas para coleta de dados da pesquisa.
Pesquisador: Luis Claudio A. Borja - Doutorando PEI/UFBA - luisborja@ifba.edu.br.
Supervisão: Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Sandro Fábio César
Nota: Os dados aqui coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

ETAPA	ASPECTOS	INSTRUMENTO /TÉCNICA	RESPONSÁVEL
CONTEXTUALIZAÇÃO			
Caracterização do Local da Pesquisa	Escolha do bairro objeto da pesquisa	Revisão bibliográfica Dados demográficos Dados imobiliários Visita exploratória	Autor
Seleção dos canteiros	Escolha do canteiro objeto da pesquisa	Visita exploratória Contato e convite às empresas.	Autor
CARACTERIZAÇÃO INTERNA			
Caracterização da empresa	Estabelecer o perfil da empresa quanto a: nome, razão social, telefone, email, ramo de atividade, contato na empresa, obras (em andamento, concluídas e previstas),	Formulário de caracterização. Registro fotográfico. Entrevista. Visita a homepage.	Autor, Engenheiro da Obra
Caracterização do empreendimento	Estabelecer o perfil do empreendimento quanto ao porte, tipologia, público e tecnologia envolvida.	Formulário de Caracterização	Autor, Engenheiro da Obra
Caracterização do canteiro (arranjo físico e logística)	Projeto do Canteiro e Arranjo físico Disposição do barracão e das instalações Máquinas e equipamentos. Disposição dos elementos de produção Fluxos (materiais, equipamentos e pessoal) Sinalização interna e externa Coleta de resíduos.	Formulário de Caracterização Registro fotográfico Planta baixa do canteiro Analise NR18/PCMAT	Autor, Engenheiro da Obra
Caracterização da Equipe de Obra	Perfil da equipe envolvida no empreendimento.	Formulário de caracterização Entrevista.	Autor, Engenheiro da Obra
GESTÃO DA CONSTRUÇÃO			
Gestão da Obra, Qualidade e Sustentabilidade	Sistema (modelo) de gestão da produção. Instrumentos e ferramentas de Planejamento, Organograma, Orçamento e Produção. Sistemas de Gestão da Qualidade, Segurança no Trabalho e Ambiental (ferramentas e instrumentos) Auditoria Externa e Certificação Controle de impactos ambientais e de vizinhança.	Formulário de Caracterização Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra Consultoria
Gestão da cadeia de suprimentos	Integração canteiro x cadeia de suprimentos Disponibilidade de materiais. Mapa de principais fornecedores (local e regional). Planejamento e controle do sistema de entrega. Carga e descarga	Formulário de Caracterização Entrevista Mapa	Autor, Engenheiro da Obra

ETAPA	ASPECTOS	INSTRUMENTO /TÉCNICA	RESPONSÁVEL
GESTÃO DE PROJETOS			
Gestão de Projetos	Requisitos de projeto Tecnologias adotadas Sistema de gestão dos projetos (informação, comunicação e controle) Interface Projeto e Obra	Formulário de Caracterização Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra
Projeto Arquitetônico	Interface do projeto de arquitetura com o canteiro (planejamento, execução, controle e sustentabilidade) Gestão de requisitos e entregas Modulação, tecnologias, acessos, materiais e etc.	Análise documental (projeto de arquitetura e memorial) Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra
Projeto de Estruturas	Interface do projeto de estrutura com o canteiro (planejamento, execução, controle e sustentabilidade) Modulação, tecnologias, acessos, materiais e etc.	Análise documental (projeto de estrutural e memorial) Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra
Projetos de Instalações	Interface dos projetos de instalações com o canteiro (planejamento, execução, controle e sustentabilidade) Gestão de requisitos e entregas Modulação, tecnologias e materiais.	Análise documental (projeto de instalações) Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra
SERVIÇOS INTERNOS			
Serviços de coleta de resíduos	Infraestrutura local (empresas, disponibilidade, custos) Controle de desperdícios e perdas. Limitações e oportunidades.	Observação de campo Registro de coleta Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra SMS
Serviços de demolição, movimentação de terra e fundações	Infraestrutura local (empresas, disponibilidade, custos) Controle de vibrações, ruídos e poeiras. Plano de acesso e impactos nas vias. Contenções e controle de riscos. Controle de fornecedores e perdas. Limitações e oportunidades.	Observação de campo Análise documental (projeto de fundações e memorial) Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra
Serviços de fornecimento e entrega de materiais	Infraestrutura local (empresas, disponibilidade, custos) Qualidade e certificação. Limitações e oportunidade	Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra
Serviços de formas e escoramentos	Infraestrutura local (empresas, disponibilidade, custos) Controle de vibrações, ruídos e poeiras. Controle de perdas. Limitações e oportunidades.	Observação de campo Análise documental (projeto de fundações) Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra
Serviços de concretagem	Infraestrutura local (empresas, disponibilidade, custos) Controle de vibrações, ruídos e poeiras. Plano de acesso e impactos nas vias. Contenções e controle de riscos. Limitações e oportunidades.	Observação de campo Análise documental (projeto de estruturas e memorial) Entrevista	Autor, Engenheiro da Obra
Serviços de instalações	Infraestrutura local (empresas, disponibilidade, custos) Preparo e Rasgos em alvenarias Pré-fabricação (kits e outros).	Observação de campo Análise documental (projetos de instalações).	Autor, Engenheiro da Obra

Apêndice 3 - Cap. 6 - F02 – Caracterização da Empresa

Formulário para apresentar um panorama do porte a atuação da empresa.
Pesquisador: Luis Claudio A. Borja - Doutorando PEI/UFBA - luisborja@ifba.edu.br.
Supervisão: Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Sandro Fábio César
Nota: Os dados aqui coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

Dados gerais				
Empresa				
Telefone		email		
Ramo de atividade				
Tempo de atividade				
Contato				
Nº de funcionários		Data		

Empreendimentos em andamento (nome, bairro, data de início e data de fim prevista)			
Nome e tipologia (prédio residencial, prédio comercial, condomínio residencial, etc.)	Bairro	Ano de início	Ano de Conclusão

Empreendimentos concluídos nos últimos anos (nome, bairro, data de início e fim)			
Nome e tipologia (prédio residencial, prédio comercial, condomínio residencial, etc.)	Bairro	Ano de início	Ano de Conclusão

Empreendimentos previstos nos próximos anos (nome, bairro, data de início e fim)			
Nome e tipologia (prédio residencial, prédio comercial, condomínio residencial, etc.)	Bairro	Ano de Início	Ano Conclusão

Apêndice 4 - Cap. 6 - F03 Caracterização do Empreendimento

Pesquisador: Luis Claudio A. Borja - Doutorando PEI/UFBA - luisborja@ifba.edu.br.
Supervisão: Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Sandro Fábio César
Nota: Os dados aqui coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

1. Dados Gerais					
1.1. Empreendimento:					
1.2. Empresa:					
1.3. Responsável técnico da obra:					
1.4. Tipo de contratação do empreendimento: (A) Incorporação, (B) Administração, (C) Empreitada preço global (D) Outro:					
1.5. Tipo de financiamento do empreendimento: (A) Próprio (construtora); (B) Investidor Individual; (C) Grupo Investidor; (D) Sistema Bancário; (E) Outro:					
1.6 Nº. de colaboradores na obra - atual:			1.7 Nº. máximo de colaboradores esperado		
2. Datas e prazos do empreendimento					
2.1 Data de início		2.2 Data de fim prevista		2.3 Prazo de construção previsto	
2.4 Fase da Obra					
3. Dados econômicos (estimados)					
3.1 Padrão (A) Baixo. (B) Normal. (A) Alto		3.2 Valor da unidade imobiliária		3.3 Valor estimado da obra	
4. Descrição arquitetônica: pavimentos, unidades habitacionais (UH), vagas de garagem.					
4.1 Número de pavimentos	4.2 Pvtos. Tipo	4.3 Pvtos. Playground	4.4 Pvtos. Garagem	4.5 Outros pavimentos	
4.6 Nº de U.H totais	4.7 Nº quartos por UH		4.8 Nº vagas de garagem totais		4.9 Nº vagas / UH
5. Parâmetros urbanísticas					
5.1 Área do terreno	5.2 Área construída total		5.3 Índice de utilização	5.4 Índice de ocupação	5.5 Índice de permeabilidade
6. Movimentação de terra					
6.1 Exigiu contenção: (S) Sim; (N) Não			6.2 Equipe de execução: (P) Própria; (T) Terceirizada		
6.3 Tipo de contenção adotada:					
7. Fundação					
7.1 Tipo de fundação adotada:					
7.2 Houve sondagem prévia: (S) Sim, (N) Não			7.3 Equipe de execução: (P) Própria; (T) Terceirizada		
8. Sistema de formas e escoramentos					
8.1 Tipo:					
8.2 Houve projeto de formas: (S) Sim, (N) Não			8.3 Equipe de execução: (P) Própria; (T) Terceirizada		

9. Estrutura	
9.1 Sistema estrutural adotado:	9.2 Equipe de execução: (P) Própria; (T) Terceirizada
10. Vedações (paredes e divisórias)	
10.1 Sistema de vedações externas:	10.2 Sistema de vedações internas:
10.3 Houve projeto de paginação: (S) Sim, (N) Não	10.4 Equipe de execução: (P) Própria; (T) Terceirizada
11. Impermeabilização	
11.1 Sistema de impermeabilização - fundações:	11.2 Sistema de impermeabilização, áreas molhadas:
11.3 Houve projeto de impermeabilização: (S) Sim, (N) Não	11.4 Equipe de execução: (P) Própria; (T) Terceirizada
12. Esquadrias	
12.1 Sistema de esquadrias adotado - janelas:	12.2 Sistema de esquadrias adotado - portas
12.3 Houve projeto de esquadrias: (S) Sim, (N) Não	12.4 Equipe de execução: (P) Própria; (T) Terceirizada
13. Instalações hidrossanitárias (água fria, água quente, esgoto e pluvial), incêndio e gás	
13.1 Sistemas de instalações adotados:	13.2 Houve projeto de água quente: (S) Sim; (N) Não
13.3 Houve projeto de reuso (S) Sim; (N) Não	13.4 Equipe de execução das instalações: (P) Própria; (T) Terceirizada
14. Instalações elétricas, SPDA, telefonia, segurança e antena	
14.1 Sistemas adotado – elétrica e SPDA:	14.2 Sistema – telefonia, segurança e antena
14.3 Houve projeto de automação (S) Sim; (N) Não	14.4 Equipe de execução das instalações: (P) Própria; (T) Terceirizada
15. Pavimentação (interna e externa)	
15.1 Sistema de pavimentação externa:	15.2 Sistema de pavimentação interna:
15.3 Houve projeto de paginação: (S) Sim, (N) Não	15.4 Equipe de execução: (P) Própria; (T) Terceirizada
16. Revestimento de paredes e divisórias (internas e externas)	
16.1 Sistema de revestimento externo:	16.2 Sistema de revestimento interno:
16.3 Houve projeto de paginação: (A) Sim, (B) Não	16.4 Execução: (A) Equipe própria; (B) Terceirizada
17. Pintura e a acabamentos (externos e internos)	
17.1 Sistema de pintura externa:	17.2 Sistema de pintura interna:
17.3 Outros acabamentos:	17.4 Execução: (A) Equipe própria; (B) Terceirizada

Apêndice 5 - Cap. 6 - F04 - Roteiro do Registro Fotográfico do Canteiro

Pesquisador: Luis Claudio A. Borja - Doutorando PEI/UFBA - luisborja@ifba.edu.br.
Supervisão: Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Sandro Fábio César
Nota: Os dados aqui coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

Empreendimento:	
Empresa:	
Responsável pela coleta:	Data de início:
Representante que acompanhou a coleta:	Função na empresa:

Cód.	**Aspectos a registrar**	**Obs.:**
	Faces externas do tapume do canteiro de obra (inclusive identificação e placas da obra)	
	Vizinhança direta (caracterizar tipo de edificações)	
	Portão de acesso de caminhões	
	Guarita e portão de acesso de pedestres	
	Sistema de sinalização interna	
	Sistema de comunicação interna (fixo e móvel)	
	Armazenamento agregados graúdos e miúdos	
	Armazenamento de blocos e tijolos	
	Armazenamento de cimento	
	Armazenamento de tubos e conexões	
	Disposição do entulho no canteiro	
	Contentores de resíduos	
	Condições do terreno por onde circulam os caminhões	
	Instalações externas (compartimentações)	
	Sistema construtivo das instalações provisórias	
	Fechamento de poços de elevadores	
	Corrimões provisórios das escadas	
	Sistema de bandejas salva-vidas na edificação	
	Sistema de reserva de água do canteiro	
	Acesso ao guincho nos pavimentos	
	Proteção contra quedas no perímetro dos pavimentos	
	Sistema de carga/descarga de materiais (elevador, guincho, etc.)	
	Sistema de drenagem	

Adaptado de Planejamento de Canteiros de Obras e Gestão de Processos (SAURIN; FORMOSO, 2006).

Apêndice 6 – Cap. 6 - F05 Caracterização da Equipe da Obra

Pesquisador: Luis Claudio A. Borja - Doutorando PEI/UFBA - luisborja@ifba.edu.br.
Supervisão: Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Sandro Fábio César
Nota: Os dados aqui coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

Dados Gerais			
Empreendimento			
Empresa			
Responsável técnico da obra			
Responsável pela informação			
Nº de Funcionários		Data da coleta	
Nº de Funcionários máximo previsto		Data da previsão de máxima	
Quadro de pessoal do empreendimento (perfil e quantidade de colaboradores por área)			
Equipe de Engenharia e Arquitetura - formação/função (relação de Engenheiros e Arquitetos)			
Equipe de apoio técnico – formação/função (técnicos de segurança, edificações e outros)			
Equipe de estágio – curso/função (estagiários por tipo de curso técnicos)			
Equipe de administração e apoio (pessoal de adm, RH e outros)			
Equipe de encarregados por grupo de atividade (mestres e encarregados por setor)			
Equipe de produção (pedreiros, carpinteiros, armadores, auxiliares e outros)			
Equipe de instalações (eletricistas, encanadores e auxiliares)			
Serviços terceirizados (empresas terceirizadas por tipo de serviço)			

Apêndice 7 – Cap. 6 - F06 – Práticas Construtivas e Aspectos Ambientais

Formulário de caracterização das práticas construtivas e seus aspectos ambientais.
Pesquisador: Luis Claudio A. Borja - Doutorando PEI/UFBA - luisborja@ifba.edu.br.
Supervisão: Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Sandro Fábio César
Nota: Os dados aqui coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

Empreendimento:	
Empresa:	Data da entrevista:
Representante da empresa:	Função na empresa:

ROTEIRO DA ENTREVISTA (temas e aspectos)

1. Processo de preparação do terreno
a) demolição de edificação pré-existente (planejamento prévio, realização mecanizada x manual, própria x terceirizada, retirada do material demolido, reaproveitamento).
b) rebaixamento do lençol.
c) Ocupou temporariamente área externa (via pública, calçada) com material da preparação ou bota-fora ou houve algum incidente durante as atividades (trabalhador, vizinhança)?

2. Tapume e instalações provisórias:
a) tipo de fechamento do canteiro (novo, reaproveitado ou reciclado).
b) aproveitamento de edificações e ligação existentes (água, esgoto e energia).
c) critérios adotados na seleção do material das instalações (fechamentos, cobertura etc.).
d) Considerou adotar estrutura tipo container ou pré-fabricada?
e) Houve alguma ocorrência durante a instalação (ambiente, trabalhador, vizinhança)?

3. Armazenamento e Consumo de materiais:
a) critérios adotados na escolha dos materiais e dos fornecedores.
b) sistema de planejamento, aquisição e controle de recebimento.
c) critérios do sistema de armazenamento (natureza, exposição, custo e disponibilidade).
d) sistema de controle de perdas e materiais que apresentam maiores perdas.
e) quais os motivos para as perdas (fornecedor, gestão, tecnologia e mão-de-obra).
f) tipo de fornecimento de água e energia (concessionária, poço, gerador).
g) Existe sistema de controle do consumo de água, energia elétrica?

4. Gerenciamento de produção
a) planejamento das atividades de produção, monitoramento e controle. Setores envolvidos.
b) orientações formais (manuais, checklists etc.) e informais (radio, telefone, etc.) das atividades.
c) A construtora adota algum sistema informatizado (TI)?

5. Gerenciamento dos resíduos (sólidos e líquidos).
a) sistema adotado para a coleta e destino final de efluentes de sanitários.
b) coleta interna de resíduos e existência de PGRS. Redução, reuso e/ou reciclagem. Setores envolvidos mais diretamente. É diferenciado para os serviços próprios e os terceirizados?
d) O serviço de coleta interno/externo (próprio ou terceirizado). Empresas contratadas. Coleta e destino final dos resíduos especiais (gesso e tintas).
d) Limpeza dos equipamentos e materiais no canteiro.
e) Houve alguma ocorrência em relação ao sistema de coleta e destino final?

6. Infraestrutura local: cadeia de fornecedores e serviços públicos
a) ação dos serviços públicos locais de licenciamento e fiscalização de obras.
c) ambiente de negócios local.
d) adoção de compartilhamento (pessoal e equipamentos) com fornecedores ou outros?
e) Quais principais desafios e oportunidades do cenário local?
f) O ambiente local favorece a inovação e a sustentabilidade nos canteiros?

7. Informação e Comunicação interna.
a) A empresa adota algum canal de comunicação interna (sistema informatizado, correio eletrônico, compartilhamento na nuvem, aplicativos de mensagens, etc.)?
b) Como funciona o sistema de informação e comunicação interna na produção?
c) Como compartilha projetos e decisões?
d) Como é feita a comunicação com fornecedores (controle de entregas, serviços e outros)?
e) Possui programa de treinamento da equipe?

8. Comunicação e transparência com a comunidade.
a) Como é feita a comunicação visual para a comunidade externa (placa, aviso etc.) sobre perfil da obra, equipe responsável, empresas envolvidas, prazo, atividades?
b) Quais outros canais de comunicação com a comunidade ou vizinhança direta (site, rede sociais, correio eletrônico, aplicativos de mensagens etc.)?

9. Sustentabilidade e Inovação
a) Como incorpora as referências normativas e legais no projeto e execução?
b) Existe programa de gestão socioambiental implantado?
c) Existem canais para receber sugestões para inovação e melhoria de processos?
d) Incorporou inovações ao processo de produção durante a obra?
e) Houve melhoria de processos entre a obra atual e obras anteriores recentes?
f) Considera que os projetos e documentos (orçamento, planejamento) estão de acordo com as demandas de gestão da obra? Estes incorporam ações especificas para redução dos impactos ambientais e de vizinhança? O que poderia ser melhorado?
g) Como avalia a disponibilidade serviços especializados locais? O que poderia ser melhorado? h) Adota alguma ação de compartilhamento de capacidade com outras obras e/ou empresas?
i) Como avalia o papel do ambiente da construção local na redução dos impactos ambientais? O ambiente contribui para promover a sustentabilidade? O que poderia ser melhorado?
j) Considera adequada a preparação da equipe da obra para a mitigação dos impactos ambientais? O que poderia ser melhorado?
k) Considera que a formação disponibilizada pela graduação foi suficiente para gerenciar os impactos ambientais da construção? O que poderia ser melhorado?

Apêndice 8 – Cap. 6 - F07 Cadeia de Suprimentos - Fundações

Formulário de caracterização dos serviços de sondagem e fundações.
Pesquisador: Luis Claudio A. Borja - Doutorando PEI/UFBA - luisborja@ifba.edu.br.
Supervisão: Prof. Dr. Asher Kiperstok e Prof. Dr. Sandro Fábio César
Nota: Os dados aqui coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

Empresa:	
Representante da empresa:	Função na empresa:

ROTEIRO DA ENTREVISTA (temas e aspectos)

1. Histórico da empresa.
a) tempo de existência e motivos da criação da empresa.
b) perfil (formação e experiência) da equipe técnica e de gestão – ver organograma.
c) perfil da equipe administrativa e de apoio.
c) perfil da equipe de produção (contratada, terceirizada, formação)
d) participação da empresa no processo de construção local com comentários sobre a expansão urbana, qualidade da construção, perfil dos construtores.
e) algum aspecto relevante não citado sobre o tema.

2. Situação atual.
a) segmento de mercado e principais produtos e serviços.
c) principais clientes (perfil dos contratantes e dos empreendimentos).
d) principais fornecedores.
e) volume de serviços nos últimos 5 anos.
f) obras atuais (tipologia e localização).
g) modelo de contratação.
h) algum aspecto relevante não citado sobre o tema.

3. Projetos.
a) requisitos de contratação dos serviços (econômicos e socioambientais).
b) qualidade da informação recebida do cliente para execução (localização, prazos).
c) projetos recebidos (plataformas, compartilhamento, interferências, compatibilização)
d) integração entre a equipe de serviços com a equipe de projetos.
e) algum aspecto relevante não citado sobre o tema.

4. Serviços (sondagens e fundações).
a) critérios adotados na execução dos serviços.
b) influência das caraterísticas do canteiro.
c) influência da tecnologia disponível (capacidade e disponibilidade equipamentos/pessoal).
d) informação e comunicação com a construtora durante a execução dos serviços.
e) algum aspecto relevante não citado sobre o tema.

5. Canteiros e seus aspectos econômicos e socioambientais.
a) processo de execução: inspeção previa, sondagem, laudo pericial, preparação, mobilização, execução, controle e desmobilização.
b) participação das sondagens e fundações no processo de licenciamento de obras.
c) importância na execução dos serviços de aspectos como: tecnologia disponível, regulação, cronograma, restrições de espaço, mobilidade urbana, segurança e vizinhança.
d) relação da escolha do tipo de fundações e aspectos locais como: condições geotécnicas, custo, prazo, riscos, vibrações, ruído, limitações de espaço.
e) conhecimento de evento que demandou reforço de estrutura por obra vizinha.
f) algum aspecto relevante não citado sobre o tema.

Apêndice 9 – Cap. 7 - Sítios eletrônicos consultados

Region	UF	Institution	Acronym	Website
North	AC	Federal University of Acre	UFAC	https://portal.ufac.br/ementario/curriculo.action?v=335
	AP	Federal University of Amapa	UNIFAP	http://biblioteca.ufam.edu.br/attachments/article/259/Projeto%20Pedag%C3%B3gico%20curso%20Engenharia%20Civil.compressed.pdf
	AM	Federal University of Amazonas	UFAM	http://www2.unifap.br/engcivil/files/2014/01/PPC-Civil-Final-16_10_12.pdf
	PA	Federal University of Pará	UFPA	http://www.camtuc.ufpa.br/index.php/engenharia-civil
	RO	Federal Institute of Rondônia	IFRO	http://portal.ifro.edu.br/calama/cursos/4719-engenharia-civil
	RR	Federal University of Roraima	UFRR	http://ufrr.br/engcivil/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=11:disciplinas&Itemid=312
	TO	Federal University of Tocantins	UFT	http://www.uft.edu.br/centroengenharias/ementas/
Northeast	AL	Federal University of Alagoas	UFAL	https://ufal.br/estudante/graduacao/projetos-pedagogicos/campus-maceio/ppc-eng-civil.pdf
	BA	Federal University of Bahia	UFBA	http://www2.eng.ufba.br/site/index.php/civil/ementas
	CE	Federal University of Ceara	UFC	http://www.deecc.ufc.br/Download/
	MA	Federal University of Maranhão	UFMA	http://www.ccec.ufma.br/index.php/projeto-
	PB	Federal Institute of Paraíba	IFPB	https://estudante.ifpb.edu.br/media/cursos/25/documentos/PPC_Engenharia_Civil-CZ.pdf
	PE	Federal Institute of Pernambuco	IFPE	https://portal.ifpe.edu.br/campus/recife/cursos/superiores/bacharelados/engenharia-civil/projeto-pedagogico
	PI	Federal University of Piauí	UFPI	http://www.leg.ufpi.br/subsiteFiles/cc/arquivos/files/eng_civil_cmpp.pdf
	RN	Federal University of Rio Grande do Norte	UFRN	https://sigaa.ufrn.br/sigaa/public/curso/ppp.jsf?lc=pt_BR&id=2000025
	SE	Federal University of Sergipe	UFS	http://www.ifs.edu.br/cursos-superiores/259-cursos/superiores/4306-bacharelado-em-engenharia-civil#ppc
Midwest	DF	University of Brasília	UNB	https://matriculaweb.unb.br/graduacao/oferta_dis.aspx?cod=162
	GO	Federal University of Goiás	UFG	http://www.eec.ufg.br/up/140/o/Eng_Civil_Anexo_II_Ementas_e_Bibliografica_Grade_2009-1.pdf
	MT	Federal University of Mato Grosso	UFMT	https://www.ufmt.br/ufmt/site/ensino/consultaPlanoEnsino/Cuiaba
	MS	Federal University of Mato Grosso do Sul	UFMS	http://engenhariacivil.sites.ufms.br/curso-2/projeto-pedagogico/
Southeast	ES	Federal University of Espírito Santo	UFES	http://www.engenhariacivil.ufes.br/projeto-pedag%C3%B3gico-e-estrutura-curricular
	MG	Federal University of Minas Gerais	UFMG	https://www.eng.ufmg.br/portal/
	RJ	Federal University of Rio de Janeiro	UFRJ	https://www.siga.ufrj.br/sira/temas/zire/frameConsultas.jsp?mainPage=/repositorio-curriculo/F011BEAD-92A4-F79A-2A99-E698E5E08ACF.html
	SP	University of São Paulo	USP	https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/
South	PR	Federal University of Technology–Parana/Brazil	UTFPR	http://www.utfpr.edu.br/curitiba/cursos/bacharelados/Ofertados-neste-Campus/engenharia-de-producao-civil/planos-de-ensino
	RS	Federal University of Pampa	UNIPAMPA	http://www.unipampa.edu.br/portal/documentos
	SC	Federal University of Santa Catarina	UFSC	http://ecv.paginas.ufsc.br/files/2014/06/Projeto_Pedagógico_2014.pdf

Quadro 31 – Sítios eletrônicos consultados para obtenção dos Programas dos Curso de Engenharia segundo regiões brasileiras, estados, unidades da federação e instituições de educação (Autor, 2018)

Apêndice 10 – Cap. 7 – Bases de dados de custos e os Programa das disciplinas

Region	UF	Institution	Acronym	Curricular Components that Cite Cost Databases	Database
North	AC	Federal University of Acre	UFAC	Construction Management / Administration / Construction Budget/Construction Planning/Control	
	AP	Federal University of Amapa	UNIFAP	Construction Budget/Construction Planning and Management/Construction Technology I and II	TCPO
	AM	Federal University of Amazonas	UFAM	Civil Construction II/Road Construction and Land Works	TCPO, SICRO.
	PA	Federal University of Pará	UFPA	Construction Budget/Construction Planning and Management II/Coatings Technology	TCPO, SICRO, SINAPI
	RO	Federal Institute of Rondônia	IFRO	Construction Budget	TCPO
	RR	Federal University of Roraima	UFRR	Civil Construction/Construction planning and control	TCPO
	TO	Federal University of Tocantins	UFT	Building Construction Technology II/Construction planning and control	–
Northeast	AL	Federal University of Alagoas	UFAL	Management of construction projects/Planning and management of production in construction/Construction Technology I and II	–
	BA	Federal University of Bahia	UFBA	Civil Construction I and II/Administration applied to Civil Engineering	TCPO
	CE	Federal University of Ceara	UFC	Building Construction I/Cost Planning/Construction Management	TCPO
	MA	Federal University of Maranhão	UFMA	Budget/Construction Planning and Control/Civil Construction I and II	TCPO
	PB	Federal Institute of Paraíba	IFPB	Life cycle costing/Construction planning and budgeting	TCPO
	PE	Federal Institute of Pernambuco	IFPE	Specifications and budget/Construction management/Production planning and control	TCPO
	PI	Federal University of Piauí	UFPI	Administration applied to Engineering/Building Construction/Construction Planning and Control/Construction Equipment	TCPO, SICRO
	RN	Federal University of Rio G. do Norte	UFRN	Civil Construction 2/Construction Management	TCPO
	SE	Federal University of Sergipe	UFS	Planning and Management in Production of Buildings/Construction Budget	TCPO
Midwest	DF	University of Brasília	UNB	Construction Technology I/Construction Planning and Control/Road Design	TCPO, SICRO
	GO	Federal University of Goiás	UFG	Civil Construction 1 and 2/Construction Planning and Control	TCPO
	MT	Federal University of Mato Grosso	UFMT	Planning Techniques in Civil Construction	–
	MS	Federal University of Mato G. do Sul	UFMS	Civil Construction/Civil Construction Management/ Construction Planning/Quality in Civil Construction	TCPO
Southeast	ES	Federal University of Espírito Santo	UFES	Management of Civil Construction/Project Management,	
	MG	Federal University of Minas Gerais	UFMG	Civil Construction Management/Construction Technology 1 and 2	TCPO
	RJ	Federal University of Rio de Janeiro	UFRJ	Buildings/Construction Management/Project Management/Construction Planning.	TCPO
	SP	University of São Paulo	USP	Management of Construction Production/Planning and Construction Costs/Civil Construction I and II	
South	PR	Federal University of Technology – PR	UTFPR	Specifications and budgets / Project management. Construction management / Heavy construction work.	TCPO. SINAPI
	RS	Federal University of Pampa	UNIPAMPA	Budget and construction scheduling/Construction Management/Design of road structures.	TCPO
	SC	Federal University of Santa Catarina	UFSC	Construction Management/Civil Construction Techniques II	TCPO, SICRO

Quadro 32 – Disciplinas dos cursos de engenharia civil selecionados relacionadas às bases de custos por regiões do Brasil, Estados e Instituições de Educação (Autor, 2018)

Apêndice 11 – Cap. 8 – Entradas e saídas por unidade de serviço (Matriz C)

Tabela 19 - Matrix with the quantitative inputs and outputs per unit of constructive activity (matrix C)

Construction activity	Natural resources		Manufactured resources			Labor		Facilities						Waste			Public services			Transport	
	sand (t)	gravel (t)	timber (t)	cement (t)	rebar (t)	precast concrete (t)	ready-mix concrete (t)	labor at height (mh)	labor with machines/vehicles (Mh)	labor with manual tools (mh)	pier driver (Mh)	bulldozer/excavator(Mh)	ready-mix concrete truck (Mh)	pneumatic breaker (Mh)	concrete mixer (Mh)	concrete vibrator (Mh)	electric saw (Mh)	excavated soil (t)	waste of concrete/masonry (t)	waste of wood (t)	waste of steel (t)	water for workers (m³)	water for process (m³)	electric energy (kW)	loading or unloading time (h)	materials trucking (h)
Demolition (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	2,133	-	-	0,015	-	0,604	-	-	-	-	1,500	-	-	-	0,021	-	0,906	-	0,238
Surface cleaning (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,072	-	-	0,015	-	-	-	-	-	0,375	-	-	-	-	0,001	-	-	-	0,060
Temporary hoarding (m²)	-	-	0,012	-	-	-	-	-	-	1,200	-	-	-	-	-	-	0,020	-	-	0,012	-	-	0,012	-	0,012	0,001	0,004
Temporary facilities (m²)	0,067	0,074	0,028	0,025	-	-	-	-	-	14,600	-	-	-	-	0,025	-	0,020	-	0,165	0,028	-	-	0,146	0,012	0,049	0,010	0,061
Mechanical excavation (m³)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,201	-	-	0,141	-	-	-	-	-	1,250	-	-	-	-	0,002	-	-	-	0,198
Precast concrete piles (m)	-	-	-	-	-	0,139	-	-	0,263	-	0,046	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003	-	-	0,012	0,022
Foundation wood forms (m²)	-	-	0,007	-	-	-	-	-	-	0,539	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,007	-	-	0,005	0,002	-	0,001	0,002
Foundation rebar frames (t)	-	-	-	-	1,050	-	-	-	-	10,900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,053	0,109	-	-	0,088	0,175
Foundation concrete (m³)	-	-	-	-	-	-	2,750	-	-	0,176	-	-	0,053	-	-	0,200	-	-	0,055	-	-	0,002	0,007	0,300	0,062	0,445
Superstructure wood forms (m²)	-	-	0,007	-	-	-	-	0,539	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,007	-	0,005	0,002	-	0,001	0,002
Superstructure rebar frames (t)	-	-	-	-	1,050	-	-	10,900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,053	0,109	-	-	0,088	0,175
Superstructure concrete (m³)	-	-	-	-	-	-	2,750	5,223	-	-	-	-	0,084	-	-	0,200	-	-	0,055	-	-	0,052	0,007	0,300	0,062	0,445
Manufacturing of forms (m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,410	-	-	-	-	-	-	0,042	-	-	-	-	0,004	-	0,025	-	-
Cutting/bending of rebar (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,240	-	-	-	-

Apêndice 12 – Cap. 8 – B Contribuições das entradas e saídas para os aspectos ambientais (Matriz W)

Tabela 20 - Matrix with the contribution rate of inputs and outputs over the environmental aspects of the method (matrix W)

Input and outputs	consumption of mineral resources (t)	consumption of renewable resources (t)	consumption of manufactured resources	generation of wastes of soil/concrete/masonry	generation of wastes of wood/metals (t)	handling involving dust/ particulate matter (t)	use of fuel-powered mechanical equipment	use of noise and vibration emission	consumption of water (m^3)	consumption of electric energy (kW)	circulation of machines and vehicles on the local	circulation of machines and vehicles in the city	withdrawal and movement of soil (t)	storage of unpacked materials (t)	storage of packed materials (t)	labor exposed to machinery (h)	labor exposed to fall of height (h)	labor exposed to falling objects (h)
sand (t)	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
gravel (t)	1,0	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
timber (t)	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
cement (t)	-	-	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-
rebar (t)	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
precast concrete (t)	0,9	-	0,1	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
ready-mix concrete (t)	0,9	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
labor at height (mh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-
labor with machines/vehicles (mh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-
labor with manual tools (mh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
piler driver (pmh)	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-
bulldozer/excavator(pmh)	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-
ready-mix concrete truck (pmh)	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-
pneumatic breaker (pmh)	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
concrete mixer (pmh)	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
concrete vibrator (pmh)	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
electric saw (pmh)	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
excavated soil (t)	-	-	-	1,0	-	1,0	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-
waste of concrete/masonry (t)	-	-	-	1,0	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
waste of wood (t)	-	-	-	-	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
waste of stell (t)	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-
water for workers (m^3)	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
water for process (m^3)	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
electric energy (kW)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
loading or unloading time (h)	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-
materials trucking (h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-

Tabela 21 - Matrix with the aspects environmental aspects per unit of constructive activity (matrix A)

	Resources consumption			Waste generation		Pollution emission			Public services		Transport		Land use			Health and safety		
Construction Activity	consumption of mineral resources (t)	consumption of renewable resources (t)	consumption of manufactured resources (t)	generation of wastes of soil/concrete/masonry (t)	generation of wastes of wood/metals (t)	handling involving dust/ particulate matter (t)	use of fuel-powered mechanical equipment (h)	use of noise and vibration emission equipment (h)	consumption of water (m^3)	consumption of electric energy (kW)	circulation of machines and vehicles on the local (h)	circulation of machines and vehicles in the city (h)	withdrawal and movement of soil (t)	storage of unpacked materials (t)	storage of packed materials (t)	labor exposed to machinery (h)	labor exposed to fall of height (h)	labor exposed to falling objects (h)
Demolition (m^3)	-	-	-	1,500	-	1,500	0,015	0,619	0,021	0,906	0,015	0,238	-	1,500	-	2,133	-	-
Surface cleaning (m^2)	-	-	-	0,375	-	0,375	0,015	0,015	0,001	-	0,015	0,060	0,375	-	-	0,072	-	-
Temporary hoarding (m^2)	-	0,012	-	-	0,012	0,012	-	0,021	0,012	0,012	0,001	0,004	-	0,024	-	-	-	1,200
Temporary facilities (m^2)	0,140	0,028	0,025	0,165	0,028	0,358	-	0,054	0,158	0,049	0,010	0,061	-	0,361	0,025	-	-	14,600
Mechanical excavation (m^3)	-	-	-	1,250	-	1,250	0,141	0,141	0,002	-	0,141	0,198	1,250	-	-	0,201	-	-
Precast concrete piles (m)	0,125	-	0,014	-	-	0,139	0,046	0,058	0,003	-	0,058	0,022	-	0,139	-	0,263	-	-
Foundation wood forms (m^2)	-	0,007	-	-	0,007	0,007	-	0,001	0,007	-	0,001	0,002	-	0,014	-	-	-	0,539
Foundation rebar frames (t)	-	-	1,050	-	0,053	-	-	0,088	0,109	-	0,088	0,175	-	1,103	-	-	-	10,900
Foundation concrete (m^3)	2,475	-	0,275	0,055	-	0,055	0,053	0,315	0,009	0,300	0,115	0,445	-	0,055	-	-	-	0,176
Superstructure wood forms (m^2)	-	0,007	-	-	0,007	0,007	-	0,001	0,007	-	0,001	0,002	-	0,014	-	-	0,539	-
Superstructure rebar frames (t)	-	-	1,050	-	0,053	-	-	0,088	0,109	-	0,088	0,175	-	1,103	-	-	10,900	-
Superstructure concrete (m^3)	2,475	-	0,275	0,055	-	0,055	0,084	0,346	0,059	0,300	0,146	0,445	-	0,055	-	-	5,223	-
Manufacturing of forms (m^2)	-	-	-	-	-	-	-	0,042	0,004	0,025	-	-	-	-	-	-	-	0,410
Cutting/bending of rebar (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,240	-	-	-	-	-	-	-	-	24,000

Tabela 22 - Estimated overall environmental aspects of construction activities of the Building 1 (CS1) according to the developed method (matrix G)

	Resources consumption			Waste generation		Pollution emission			Public services		Transport	Land use			Health and safety			
Construction Activity	consumption of mineral resources (t)	consumption of renewable resources (t)	consumption of manufactured resources (t)	generation of wastes of soil/concrete/masonry (t)	generation of wastes of wood/metals (t)	handling involving dust/ particulate matter (t)	use of fuel-powered mechanical equipment (h)	use of noise/vibration emission equipment (h)	consumption of water (m³)	consumption of electric energy (kW)	circulation of machines and vehicles on the local (h)	circulation of machines and vehicles in the city (h)	withdrawal and movement of soil (t)	storage of unpacked materials (t)	storage of packed materials (t)	labor exposed to machinery (h)	labor exposed to fall of height (h)	labor exposed to falling objects (h)
Demolition (m³)	-	-	-	64,41	-	64,41	0,64	26,58	0,92	38,90	0,64	10,22	-	64,41	-	91,59	-	-
Surface cleaning (m²)	-	-	-	555,38	-	555,38	22,22	22,22	1,07	-	22,22	88,12	555,38	-	-	106,63	-	-
Temporary hoarding (m²)	-	2,98	-	-	2,98	2,98	-	5,16	2,94	2,94	0,25	0,95	-	5,97	-	-	-	294,43
Temporary facilities (m²)	29,43	5,95	5,15	34,57	5,95	75,09	-	11,37	33,23	10,24	2,02	12,86	-	75,90	5,15	-	-	3.066,00
Mechanical excavation (m³)	-	-	-	4.287,50	-	4.287,50	483,63	483,63	6,89	-	483,63	680,28	4.287,50	-	-	689,43	-	-
Precast concrete piles (m)	529,27	-	58,81	-	-	588,08	194,81	243,82	11,14	-	243,82	93,31	-	588,08	-	1.113,81	-	-
Foundation wood forms (m²)	-	1,50	-	-	1,50	1,50	-	0,13	1,60	-	0,13	0,48	-	3,01	-	-	-	116,86
Foundation rebar frames (t)	-	-	8,29	-	0,41	-	-	0,69	0,86	-	0,69	1,38	-	8,71	-	-	-	86,10
Foundation concrete (m³)	262,67	-	29,19	5,84	-	5,84	5,62	33,39	0,93	31,84	12,16	47,23	-	5,84	-	-	-	18,68
Superstructure wood forms (m²)	-	311,56	-	-	311,56	311,56	-	37,60	332,16	-	37,60	98,87	-	623,13	-	-	24.226,26	-
Superstructure rebar frames (t)	-	-	471,74	-	23,59	-	-	39,31	48,97	-	39,31	78,59	-	495,33	-	-	4.897,16	-
Superstructure concrete (m³)	9.333,89	-	1.037,10	207,42	-	207,42	316,79	1.303,35	223,37	1.131,38	549,10	1.678,44	-	207,42	-	-	19.697,34	-
Manufacturing of forms (m²)	-	-	-	-	-	-	-	1.896,87	185,17	1.138,12	-	-	-	-	-	-	-	18.517,03
Cutting/bending of rebar (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	109,72	-	-	-	-	-	-	-	-	10.972,32
Overall quantities	10.155,27	322,00	1.610,28	5.155,11	346,00	6.099,77	1.023,71	4.104,09	958,98	2.353,42	1.391,56	2.790,73	4.842,88	2.077,79	5,15	2.001,45	48.820,76	33.071,41

Tabela 23 - Estimated overall environmental aspects of construction activities of the Building 2 (CS2) according to the developed method (matrix G)

	Resources consumption			Waste generation		Pollution emission			Public services		Transport		Land use		Health and safety			
Construction Activity	consumption of mineral resources (t)	consumption of renewable resources (t)	consumption of manufactured resources (t)	generation of wastes of soil/concrete/masonry (t)	generation of wastes of wood/metals (t)	handling involving dust/ particulate matter (t)	use of fuel-powered mechanical equipment (h)	use of noise and vibration emission equipment (h)	consumption of water (m³)	consumption of electric energy (kW)	circulation of machines and vehicles on the local (h)	circulation of machines and vehicles in the city (h)	withdrawal and movement of soil (t)	storage of unpacked materials (t)	storage of packed materials (t)	labor exposed to machinery (h)	labor exposed to fall of height (h)	labor exposed to falling objects (h)
Demolition (m³)	-	-	-	18,0	-	18,0	0,2	7,4	0,3	10,9	0,2	2,9	-	18,0	-	25,6	-	-
Surface cleaning (m²)	-	-	-	666,7	-	666,7	26,7	26,7	1,3	-	26,7	105,8	666,7	-	-	128,0	-	-
Temporary hoarding (m²)	-	0,9	-	-	0,9	0,9	-	1,5	0,8	0,8	0,1	0,3	-	1,7	-	-	-	84,5
Temporary facilities (m²)	37,8	7,6	6,6	44,5	7,6	96,6	-	14,6	42,7	13,2	2,6	16,5	-	97,6	6,6	-	-	3.942,0
Mechanical excavation (m³)	-	-	-	3.667,0	-	3.667,0	413,6	413,6	5,9	-	413,6	581,8	3.667,0	-	-	589,7	-	-
Precast concrete piles (m)	447,9	-	49,8	-	-	497,7	164,9	206,3	9,4	-	206,3	79,0	-	497,7	-	942,6	-	-
Foundation wood forms (m²)	-	5,3	-	-	5,3	5,3	-	0,4	5,7	-	0,4	1,7	-	10,6	-	-	-	412,3
Foundation rebar frames (t)	-	-	35,9	-	1,8	-	-	3,0	3,7	-	3,0	6,0	-	37,7	-	-	-	373,2
Foundation concrete (m³)	571,5	-	63,5	12,7	-	12,7	12,2	72,6	2,0	69,3	26,5	102,8	-	12,7	-	-	-	40,6
Superstructure wood forms (m²)	-	144,2	-	-	144,2	144,2	-	17,4	153,7	-	17,4	45,8	-	288,4	-	-	11.212,8	-
Superstructure rebar frames (t)	-	-	222,7	-	11,1	-	-	18,6	23,1	-	18,6	37,1	-	233,9	-	-	2.312,3	-
Superstructure concrete (m³)	5.295,5	-	588,4	117,7	-	117,7	179,7	739,4	126,7	641,9	311,5	952,2	-	117,7	-	-	11.175,1	-
Manufacturing of forms (m²)	-	-	-	-	-	-	-	905,9	88,4	543,5	-	-	-	-	-	-	-	8.842,9
Cutting/bending of rebar (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	59,1	-	-	-	-	-	-	-	-	5.913,0
Overall results	6.352,8	158,0	967,0	4.526,5	170,9	5.226,7	797,3	2.427,5	523,0	1.279,5	1.026,9	1.931,8	4.333,7	1.316,0	6,6	1.685,8	24.700,2	19.608,6

Apêndice 16 – Cap. 8 – Taxa de geração dos aspectos ambientais dos canteiros de obras 1 e 2

Tabela 24 - Normalizing the ratio environmental aspects (EA) per constructed area (CA)

		Overall EA		Ratio EA/CA			Normalized values	
	Enviromental Aspect (unit)	CS1	CS2	CS1	CS2	Max. Value	CS1	CS2
RC1	consumption of mineral resources (t)	10 155.3	6 352.8	0.657	0.492	0.66	1.00	0.75
RC2	consumption of renewable resources (t)	322.0	158.0	0.021	0.012	0.02	1.00	0.59
RC3	consumption of manufactured resources (t)	1 610.3	967.0	0.104	0.075	0.10	1.00	0.72
WG1	generation of wastes of soil/concrete/masonry (t)	5 155.1	4 526.5	0.334	0.351	0.35	0.95	1.00
WG2	generation of wastes of wood/metals (t)	346.0	170.9	0.022	0.013	0.02	1.00	0.59
PE1	handling involving dust/ particulate matter (t)	6 099.8	5 226.7	0.395	0.405	0.40	0.98	1.00
PE2	use of fuel-powered mechanical equipment (h)	1 023.7	797.3	0.066	0.062	0.07	1.00	0.93
PE3	use of noise and vibration emission equipment (h)	4 104.1	2 427.5	0.266	0.188	0.27	1.00	0.71
PS1	consumption of water (m^3)	959.0	523.0	0.062	0.041	0.06	1.00	0.65
PS2	consumption of electricity (kWh)	2 353.4	1 279.5	0.152	0.099	0.15	1.00	0.65
TS1	circulation of machines and vehicles on the local (h)	1 391.6	1 026.9	0.090	0.080	0.09	1.00	0.88
TS2	circulation of machines and vehicles in the city (h)	2 790.7	1 931.8	0.181	0.150	0.18	1.00	0.83
LU1	withdrawal and movement of soil (t)	4 842.9	4 333.7	0.313	0.336	0.34	0.93	1.00
LU2	storage of unpacked materials (t)	2 077.8	1 316.0	0.135	0.102	0.13	1.00	0.76
LU3	storage of packed materials (t)	5.1	6.6	0.000	0.001	0.00	0.65	1.00
HS1	labor exposed to machinery (h)	2 001.5	1 685.8	0.130	0.131	0.13	0.99	1.00
HS2	labor exposed to fall of height (h)	48 820.8	24 700.2	3.160	1.914	3.16	1.00	0.61
HS3	labor exposed to falling objects (h)	33 071.4	19 608.6	2.141	1.519	2.14	1.00	0.71
						Sum	13.00	5.00

Tabela 25 - Normalizing the ratio environmental aspects (EA) per land area (LA)

		Overall EA		Ratio EA/LA			Normalized values	
	Enviromental Aspect (unit)	CS1	CS2	CS1	CS2	Max. Value	CS1	CS2
RC1	consumption of mineral resources (t)	10 155.3	6 352.8	5.505	2.874	5.51	1.00	0.52
RC2	consumption of renewable resources (t)	322.0	158.0	0.175	0.071	0.17	1.00	0.41
RC3	consumption of manufactured resources (t)	1 610.3	967.0	0.873	0.437	0.87	1.00	0.50
WG1	generation of wastes of soil/concrete/masonry (t)	5 155.1	4 526.5	2.795	2.048	2.79	1.00	0.73
WG2	generation of wastes of wood/metals (t)	346.0	170.9	0.188	0.077	0.19	1.00	0.41
PE1	handling involving dust/ particulate matter (t)	6 099.8	5 226.7	3.307	2.364	3.31	1.00	0.71
PE2	use of fuel-powered mechanical equipment (h)	1 023.7	797.3	0.555	0.361	0.55	1.00	0.65
PE3	use of noise and vibration emission equipment (h)	4 104.1	2 427.5	2.225	1.098	2.22	1.00	0.49
PS1	consumption of water (m^3)	959.0	523.0	0.520	0.237	0.52	1.00	0.46
PS2	consumption of electricity (kWh)	2 353.4	1 279.5	1.276	0.579	1.28	1.00	0.45
TS1	circulation of machines and vehicles on the local (h)	1 391.6	1 026.9	0.754	0.464	0.75	1.00	0.62
TS2	circulation of machines and vehicles in the city (h)	2 790.7	1 931.8	1.513	0.874	1.51	1.00	0.58
LU1	withdrawal and movement of soil (t)	4 842.9	4 333.7	2.625	1.960	2.63	1.00	0.75
LU2	storage of unpacked materials (t)	2 077.8	1 316.0	1.126	0.595	1.13	1.00	0.53
LU3	storage of packed materials (t)	5.1	6.6	0.003	0.003	0.00	0.93	1.00
HS1	labor exposed to machinery (h)	2 001.5	1 685.8	1.085	0.763	1.09	1.00	0.70
HS2	labor exposed to fall of height (h)	48 820.8	24 700.2	26.467	######	26.47	1.00	0.42
HS3	labor exposed to falling objects (h)	33 071.4	19 608.6	17.929	8.870	17.93	1.00	0.49
						Sum	17.00	1.00

Apêndice 17 – Artigos publicados

https://www.mdpi.com/2071-1050/10/6/1870

https://www.mdpi.com/2071-1050/11/1/187

Apêndice 18 – Ações de difusão do conhecimento adquirido

Modelagem de canteiro de obras e sistemas construtivos (fundações, estruturas e vedações)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
CAMPUS FEIRA DE SANTANA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAHIA

INICIAÇÃO CIENTÍFICA - EM
RELATÓRIO FINAL PIVIC-EM IFBA/CNPq

APLICAÇÃO DE MODELOS TRIDIMENSIONAIS NO ENSINO DE EDIFICAÇÕES

Discente: Gabriele Oliveira Alves
Orientador: Prof. Msc. Luis Claudio Alves Borja

Maio de 2016

Visita Técnica com os alunos de edificações do IFBA a empresa Leno Betão

Apêndice 19 – Artigos aguardando submissão

Bibliometric analysis and literature systematic review about construction environmental assessment tools.

Review about the Building Information Modeling (BIM) and accident prevention in construction sites.

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: http://www.pei.ufba.br