



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*  
EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE – PPGEMA



MARIANGELA VINCIGUERRA

GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL POR MEIO  
DA ANÁLISE DA CERTIFICAÇÃO LEED – O CASO DO  
ESTÁDIO MARACANÃ - RJ

Goiânia – Goiás  
Setembro / 2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*  
EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE – PPGEMA



MARIANGELA VINCIGUERRA

GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL POR MEIO  
DA ANÁLISE DA CERTIFICAÇÃO LEED – O CASO DO  
ESTÁDIO MARACANÃ - RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente.

**Área de Concentração:** Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil

**Orientador:** Prof. Dr. Enio José Pazini Figueiredo

Goiânia – Goiás  
Setembro / 2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)  
GPT/BC/UFG**

V777g Vinciguerra, Mariangela.  
Gestão de resíduos da construção civil por meio da análise da certificação LEED [manuscrito]: o caso do Estádio Maracanã - RJ / Mariangela Vinciguerra. - 2013.  
153 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Enio José Pazini Figueiredo.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2013.

Bibliografia.  
Inclui lista de figuras, gráficos, quadros, tabelas, abreviaturas e siglas.  
Apêndices e anexos.

1. Construção civil - Desenvolvimento sustentável 2. Indústria da construção civil – Impacto ambiental 3. Lixo 4. Construção civil – Resíduos 5. Maracanã – Rio de Janeiro – Reforma. I. Título.

CDU – 628.4.043:504.6(815.3)

**MARIANGELA VINCIGUERRA**

**GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL POR MEIO  
DA ANÁLISE DA CERTIFICAÇÃO LEED – O CASO DO  
ESTÁDIO MARACANÃ - RJ**

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente - PPGEMA - da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre, aprovada em 12 de setembro de 2013, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Enio José Pazini Figueiredo – UFG  
(Orientador)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Karla Emmanuela Ribeiro Hora – UFG  
(Examinadora Interna)

---

Prof. Dr. Érico Naves Rosa – UFG  
(Examinador Interno)

---

Prof. Dr. Izelman Oliveira da Silva – PUC-GO  
(Examinador Externo)

*Aos meus amados pais, Bombina e Armando.*

## AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho a Deus, pelas bênçãos concedidas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Enio José Pazini Figueiredo pelas valiosas contribuições e por ter me proporcionado a oportunidade de consolidar esse projeto.

Aos professores da banca de qualificação: Prof.<sup>a</sup> Dra. Karla Emmanuela Ribeiro Hora e Prof. Dr. Regis de Castro Ferreira pelas sugestões feitas naquela ocasião.

À UFG pela oportunidade e apoio, por disponibilizar o espaço físico, salas de aula, laboratórios para ampliar o conhecimento e desenvolvimento da pesquisa.

À CAPES pelo incentivo financeiro possibilitando a participação em eventos, seminários e viagens para acompanhamento da obra em estudo.

Ao Consórcio Maracanã Rio 2014 por me proporcionar a oportunidade de acompanhar uma das obras de maior referência no cenário nacional e mundial, e por vivenciar o dia a dia de uma obra de grande porte como foi essa.

Agradeço em especial aos engenheiros do Consórcio Carlos Zaeyen e Marçal Fortes, e ao arquiteto Bernard Malafaia, ao engenheiro Ícaro Moreno, da EMOP, que permitiram que essa pesquisa acontecesse. Meus agradecimentos também em especial ao biólogo Felipe Drummond, também do Consórcio Maracanã, pelo carinho, atenção e orientação ao longo da pesquisa, cujas contribuições foram de extrema importância para a conclusão do trabalho.

Aos mestres que tive ao longo dos anos, por me fazerem acreditar na educação.

Aos colegas do curso de mestrado, obrigada pelo ótimo convívio.

À minha família, em especial aos meus pais, Bombina Azzinnari Vinciguerra e Armando Vinciguerra, pelo amor, por tudo que me ensinaram e proporcionaram, por se preocuparem com a minha educação, pelo exemplo de integridade que me levaram pelo caminho correto.

À minha querida irmã pelo apoio nos momentos mais difíceis.

Ao meu namorado Giacomo, por acreditar em mim, por todo apoio, amizade, compreensão, paciência, amor, companheirismo diário, traduções e revisões.

Obrigada a todos.

*“O estado desesperador do mundo nos chama para a ação. Cada um de nós tem a responsabilidade de tentar ajudar no nível mais profundo de nossa humanidade comum”.*  
*Dalai Lama*

*“Sejamos nós a mudança que queremos ver no mundo”*  
*Mahatma Gandhi*

## RESUMO

A Indústria da Construção causa impactos negativos ao meio ambiente e ao mesmo tempo apresenta papel importante na economia e no desenvolvimento social. Utiliza recursos naturais, deposita poluentes no meio ambiente de forma indiscriminada, alterando a paisagem, o ambiente e a saúde. Ao mesmo tempo, gera crescimento, qualidade de vida e renda para o país. Os problemas causados pela construção civil são consequências da resistência a mudanças e ao atraso tecnológico em relação aos demais segmentos industriais.

O objetivo desta pesquisa é contribuir para a minimização da geração de resíduos da construção civil, por meio da sustentabilidade na indústria da construção, abordando as recomendações do organismo internacional de certificação LEED. Para tanto, a pesquisa apresenta o estudo de caso do canteiro de obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã para a Copa do Mundo FIFA 2014, onde foi possível a redução de consumo de recursos naturais, a minimização da geração de resíduos e a reutilização dos resíduos na própria obra.

A metodologia de análise dos efeitos da implantação do LEED na obra priorizou a questão da geração de resíduos na construção civil. Foram verificadas as perdas e suas causas e estabelecidas propostas para sua minimização, considerando as contribuições das certificações de edifícios sustentáveis, mais especificamente, o LEED. Fez-se a caracterização e análise do *layout* do canteiro, a verificação da aplicação do LEED na obra do Maracanã e o levantamento de ações implantadas para reduzir a geração de resíduos com base nos critérios LEED relacionados com a geração de resíduos analisando os que foram aplicados na obra.

Para atingir os objetivos da pesquisa foi necessário, em um primeiro momento, fazer uma revisão da literatura específica e conhecer as bases teóricas sobre a geração de resíduos, discutir os processos geradores de resíduos na construção civil, com propósito de apresentar diretrizes que minimizem a produção de resíduos sólidos da construção civil nos canteiros de obras. Em um segundo momento, partiu-se para a elaboração do estudo de caso na obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã com o objetivo de checar na prática as causas dos desperdícios de materiais no canteiro e apresentar estratégias visando mudanças. A pesquisa foi realizada através da análise de projetos e execução da referida obra, confrontando os dados levantados na pesquisa de campo com dados fornecidos pelo Consórcio e com dados técnicos levantados na revisão bibliográfica. Buscando contribuir para o desenvolvimento do setor, foi apresentado o panorama das práticas adotadas no canteiro de obra do Maracanã e feita uma análise crítica das ações implantadas nessa obra.

A análise do *layout* do canteiro de obra do Maracanã mostrou que pré-requisitos para o bom funcionamento das atividades nele presentes foram contemplados. A proximidade das atividades e dos equipamentos afins facilitou o fluxo e o andamento da obra, evitando perdas por transporte e tempo. Foram utilizadas ferramentas na verificação das ações propostas pelo LEED e implantadas no canteiro buscando apresentar suas contribuições e verificar as falhas no processo. Por meio dessas ferramentas foi possível levantar as perdas de materiais e suas causas e propor estratégias para solucionar tais problemas. Na obra foram identificadas produções expressivas de resíduos, principalmente com relação ao concreto e aço advindos da demolição das arquibancadas e cobertura. Conseguiu-se atingir a meta LEED de 75% dos resíduos desviados do aterro sanitário, onde parte foi reutilizada na própria obra e o restante foi destinado a empresas certificadas e especializadas em reutilizar esses materiais.

Seguindo os procedimentos LEED implantados no canteiro para atendimento dos critérios referente a resíduos, ações como estocagem de material próximo ao local de trabalho, instalação de lava rodas, baias para recolhimento do material residual, treinamentos, a fim de evitar a geração de resíduos e reduzir o impacto ambiental causado por eles fizeram-se presentes na obra do Maracanã. Foram analisados panoramas LEED de períodos da obra, onde, em maio de 2013, chegou-se ao resultado final. A obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã para a Copa do Mundo FIFA 2014 atingiu a certificação *Silver*, somando 53 pontos.

Conclui-se que todos os envolvidos na construção apresentam papel importante na busca pela sustentabilidade. É preciso pensar e trabalhar o empreendimento em conjunto com todas as áreas de atuação da construção. A educação ambiental e capacitação de funcionários são de crucial importância para o andamento do processo de construir no caminho da sustentabilidade. As ações aplicadas na obra com base na certificação LEED auxiliam no processo da sustentabilidade. No entanto, estas devem ser desenvolvidas em conjunto com a etapa de projeto, sendo pensada desde o início do processo, proporcionando, assim, com maior eficiência e facilidade, a redução de perdas de materiais no canteiro de obra e a sustentabilidade do empreendimento. A sustentabilidade deve ser aplicada como um meio para atingir uma melhor relação da obra com a sociedade e o meio ambiente, sem desconsiderar o fator econômico que movimenta toda essa cadeia. Para isso, os agentes da construção devem trabalhar de forma sistêmica.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Construção Sustentável, Certificação, LEED, Maracanã.

## **ABSTRACT**

The construction industry has caused negative impacts to the environment and at the same time plays an important role in the economy and social development. Uses natural resources, puts pollutants in the environment indiscriminately, changing the landscape, the environment and the health. At the same time, generates growth, quality of life and income for the country. The problems caused by construction are consequences of resistance to change and technological backwardness compared to other industries.

The objective of this research is to contribute to minimizing the generation of waste from construction, through sustainability in the construction industry, addressing the recommendations of the international body of LEED certification, using as an example its application on construction work of reform and adequacy of Maracanã Stadium for the 2014 FIFA world Cup, enabling the reduction of natural resource consumption, minimizing waste generation and reuse of waste in the work itself.

The methodology for analyzing the effects of the implementation of LEED in the work prioritized the issue of waste in construction. Losses and their causes were verified and established proposals for its minimization, considering the contributions of green certifications, more specifically, the LEED. There was a survey and analysis of the construction site, verification of the application of LEED in the work of Maracanã and actions implemented to reduce waste generation based on LEED criteria related to analyzing the generation of waste that were applied in the work.

To achieve the research objectives was necessary, at first, make a review of the literature and know the theoretical and methodological bases of waste generation, discussing the processes that generate construction waste, with a focus on presenting guidelines that minimize the production solid construction waste at construction sites. In a second stage, was elaborated case study of the work of reform and adaptation of the Maracana Stadium in order to verify in practice the causes of waste materials in construction and present strategies for change. The research was conducted by analyzing the design and execution of the work under consideration, confronted the data collected in the field research with data provided by the Consortium and with technical data identified in the literature review. Seeking to contribute for the development of the sector, was presented the prospect of the practices at construction of Maracanã and made a critical analysis of the initiatives implemented in this work.

The analysis of the layout of the construction site of the Maracanã showed that prerequisites for the smooth functioning of the activities present in it were contemplated. The proximity of the activities and related equipment facilitated the flow and course of work, avoiding losses for transportation and time. Tools were used in the verification of the actions proposed by the LEED and implemented in construction site in seeking to present their contributions and see the flaws in the process. Through them was possible to obtain material losses and their causes and propose strategies for solving such problems. In the work was identified significant material losses related to concrete and steel coming from the demolition of the stands and coverage. It was possible to achieve the LEED target of 75% diverted from landfill, where part was reused in the work itself and the remainder was destined to certified and specialized companies at reuse these materials.

Following the LEED procedures implanted at the construction site to meet the criteria focused on waste, actions such as storage of material near the workplace, wheel wash facility, stalls for collect waste, training, in order to avoid the generation of waste and reduce the environmental impact caused by them were present in the work of the Maracanã. Was realized a LEED perspective at the stages at the work, where in May 2013 the end result was achieved. The work of reform and adequacy of the Maracanã Stadium for the FIFA World Cup 2014 reached Silver certification, totaling 53 points.

It is concluded that all involved in the construction play an important role in the search for sustainability. Is needed to think and work together with the project all areas of the building. Environmental education and training of staff are crucial to the progress of the build process towards sustainability. The actions implemented in the work based on LEED certification assist in the process of sustainability. However, these should be developed in conjunction with the design stage, being conceived from the start of the process, thus providing a reduction of losses of materials in the construction sites and the sustainability of the enterprise. Sustainability should be applied as a means to a better relation between the work with the society, environment, without disregarding the economic factor that drives this whole chain. For this, the agents of the construction should work systemically and highlight the importance of environmental education for the development of sustainable construction.

**Keywords:** Sustainability, Sustainable Building, Certification, LEED, Maracanã.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeia produtiva da Construção Civil. ....	28
Figura 2 - Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional (KOSKELA, 1992). ....	34
Figura 3 - Etapas do processo de produção. ....	35
Figura 4 - Introdução dos aspectos ambientais no contexto da indústria da construção. ....	42
Figura 5 - Evolução das preocupações no setor da construção civil. ....	45
Figura 6 - Sustentabilidade aplicada. ....	46
Figura 7 - Processo construtivo tradicional. ....	48
Figura 8 - Características das fases do empreendimento comercial tradicional. ....	50
Figura 9 - Categorias avaliadas pelo AQUA. ....	58
Figura 10 - Localização do Estádio Maracanã, objeto de estudo. ....	69
Figura 11 - Fluxograma de etapas da pesquisa. ....	71
Figura 12 - Planta de <i>layout</i> do canteiro de obra do Maracanã (Anexo 6). ....	78
Figura 13 - Caçambas de depósito temporário de resíduos no canteiro do Maracanã. ....	79
Figura 14 - Banheiros químicos espalhados no canteiro do Maracanã. ....	80
Figura 15 - Demolição das arquibancadas e cobertura, e britagem do concreto. ....	83
Figura 16 - Resumo da pontuação do projeto em fevereiro de 2011. ....	86
Figura 17 - Resumo da pontuação do projeto em janeiro de 2012. ....	88
Figura 18 - Resumo da pontuação do projeto em setembro de 2012. ....	90
Figura 19 - Resumo da pontuação do projeto em maio de 2013. ....	92
Figura 20 - Mapa com estratégias implantadas no Maracanã a partir dos critérios LEED. ....	94
Figura 21 - Mapa de acessos e meios de transporte disponíveis no entorno do Maracanã. ....	96
Figura 22 - Estacionamento coberto no pavimento térreo do Estádio Maracanã. ....	98
Figura 23 - Imagens do <i>topsoil</i> retirado do Maracanã. ....	99
Figura 24 - Imagens da perfuração de estacas e das telhas e tijolos resultantes da lama. ....	99
Figura 25 - Imagens do lava-rodas e do processo de lavagem das rodas dos caminhões. ....	99
Figura 26 - Trincheiras drenantes, sacos de ráfia na base do tapume e vista aérea da obra. .	100
Figura 27 - Imagens dos decantadores e da análise pelo Cone <i>Imhoff</i> . ....	101
Figura 28 - Decantadores móveis para controle de sedimentos na obra do Maracanã. ....	102
Figura 29 - Imagens dos bueiros protegidos do canteiro de obra do Maracanã. ....	102
Figura 30 - Imagens das proteções das árvores do Maracanã. ....	102
Figura 31 - Baias de separação e pontos de armazenamento temporário dos materiais. ....	104
Figura 32 - Papa lâmpadas e das lâmpadas recicladas no canteiro de obra do Maracanã. ....	105
Figura 33 - Imagens do lava pincéis do canteiro de obra do Maracanã. ....	106
Figura 34 - Varrição e aspersão de água por caminhões pipa para controle de poeira. ....	106
Figura 35 - <i>kit</i> mitigação e serragem recolhida com material contaminante. ....	112
Figura 36 - Imagens de bandejas de contenção. ....	112
Figura 37 - Imagens dos treinamentos no canteiro de obra do Maracanã. ....	113
Figura 38 - Estrutura pré-moldada e montagem das arquibancadas. ....	120
Figura 39 - Material estocado dentro do edifício, próximo a área de trabalho. ....	121
Figura 40 - Central de concreto e produção de argamassa na área de trabalho. ....	122
Figura 41 - Quadros informativos espalhados no canteiro de obra do Maracanã. ....	123

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Recursos consumidos na atividade da construção. ....	29
Quadro 2 - Comparativo entre os cinco princípios de Womack e Jones (2003) e os elementos fundamentais adotados no trabalho de Picchi (2003), e os princípios de Koskela (1992).....	36
Quadro 3 - Exemplos de elementos da construção do indicador.....	39
Quadro 4 - Construção Sustentável - Responsável nas suas diversas dimensões. ....	47
Quadro 5 - Tipos de canteiro. ....	51
Quadro 6 - Certificações de <i>Green Buildings</i> pelo mundo. ....	56
Quadro 7 - Categorias e requisitos LEED <i>for New Construction and Major Renovations</i> (LEED-NC) Versão 3.....	62
Quadro 8 - Categorias e requisitos LEED a serem estudados no trabalho.....	74
Quadro 9 - Número LEED no canteiro de obra do Maracanã. ....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Princípios básicos para a elaboração de um projeto de <i>layout</i> .....	54
Tabela 2 - Pontuação necessária LEED NC. ....	60
Tabela 3 - Categorias e Pontuação LEED NC V.3 – Novas Construções e grandes projetos de renovação.....	60
Tabela 4 - Quantidade de resíduos gerados e destinados na obra do Maracanã em 2011. ....	80
Tabela 5 - Quantidade de resíduos gerados e destinados na obra do Maracanã em 2012. ....	81
Tabela 6 - Classificação do LEED no canteiro de obra do Maracanã em fevereiro de 2011...	87
Tabela 7 - Classificação do LEED no canteiro de obra do Maracanã em janeiro de 2012.....	89
Tabela 8 - Classificação do LEED no canteiro de obra do Maracanã em setembro de 2012. .	91
Tabela 9 - Classificação do LEED no canteiro de obra do Maracanã em maio de 2013.....	93
Tabela 10 - Áreas a demolir e construir .....	103

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade de resíduos gerados e destinados na obra do Maracanã em 2011. ....	81
Gráfico 2 - Quantidade de resíduos gerados e destinados na obra do Maracanã em 2012. ....	81
Gráfico 3 - Percentual de reciclagem e destinação correta de resíduos de fevereiro de 2011 a setembro de 2012. ....	83
Gráfico 4 - Resíduos Recicláveis (m <sup>3</sup> ) maio/2011 a setembro/2012. ....	84
Gráfico 5 - Acompanhamento de ensaios <i>Imhoff</i> - Sólidos sedimentáveis. ....	101
Gráfico 6 - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em janeiro de 2012. ....	109
Gráfico 7 - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em fevereiro de 2012. ....	109
Gráfico 8 - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em março de 2012. ....	110
Gráfico 9 - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em abril de 2012. ....	110
Gráfico 10 - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em setembro de 2012. ....	111
Gráfico 11 - Horas de treinamentos LEED realizados de novembro de 2011 a março de 2012. ....	114
Gráfico 12 - Número de treinamentos LEED realizados de novembro de 2011 a março de 2012. ....	115

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ACV</b>	Análise do Ciclo de Vida
<b>AQUA</b>	Alta Qualidade Ambiental
<b>BNDES</b>	Banco Nacional do Desenvolvimento
<b>BREEAM</b>	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
<b>CASBEE</b>	<i>Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency</i>
<b>CBCS</b>	Centro Brasileiro da Construção Sustentável
<b>CBIC</b>	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
<b>CDS</b>	Centro de Desenvolvimento Sustentável
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>CTE</b>	Centro de Tecnologia de Edificações
<b>CSTB</b>	<i>Centre Scientifique et Technique du Bâtiment</i>
<b>DGNB</b>	<i>Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen</i>
<b>DOF</b>	Documento de Origem Florestal
<b>EEWH</b>	<i>Ecology, Energy Saving, Waste Reduction and Health</i>
<b>EMOP</b>	Empresa de Obras Públicas
<b>EPI</b>	Equipamento de Proteção Individual
<b>FIFA</b>	<i>Fédération Internationale de Football Association</i>
<b>FSC</b>	<i>Forest Stewardship Council</i>
<b>GBC</b>	<i>Green Building Council</i>
<b>GT-GDSF</b>	Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltáicos
<b>HK BEAM</b>	<i>Hong Kong Building Environmental Assessment Method</i>
<b>HQE</b>	<i>Association pour la Haute Qualité Environnementale</i>
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IETC</b>	<i>International Environmental Technology Centre</i>
<b>INMETRO</b>	Instituto Nacional de Metrologia
<b>ISO</b>	<i>International Standards Organization</i>
<b>ITACA</b>	<i>Italian Accelerometric Archive</i>
<b>LABEEE</b>	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
<b>LCA</b>	<i>Life Cycle Analysis</i>

<b>LEED</b>	<i>Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System</i>
<b>NR-18</b>	Norma Regulamentadora - Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção
<b>OHSAS</b>	<i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i>
<b>PBQP-H</b>	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat
<b>PDCA</b>	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PROCEL</b>	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
<b>PVC</b>	Policloreto de Polivinila
<b>QAE</b>	Qualidade Ambiental do Edifício
<b>RSCD</b>	Resíduos Sólidos de Construção e Demolição
<b>SA 8000</b>	<i>Social Account Ability 8000</i>
<b>SBAT</b>	<i>Sustainable Building Assessment Tool</i>
<b>SCAQMD</b>	<i>South Coast Air Quality Management District</i>
<b>SGE</b>	Sistema de Gestão do Empreendimento
<b>SINDUSCON</b>	Sindicato da Indústria da Construção Civil
<b>UFG</b>	Universidade Federal de Goiás
<b>UFSC</b>	Universidade Federal de Santa Catarina
<b>UNCED</b>	<i>United Nations Conference on Environment and Development</i>
<b>UNEP</b>	<i>United Nations Environment Programme</i>
<b>USGBC</b>	<i>United States Green Building Council</i>
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo
<b>VOC</b>	<i>Volatile Organic Compounds</i>
<b>WBCSD</b>	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>

# SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	12
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	13
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	14
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	15
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	16
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	21
1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	21
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	25
1.3 OBJETIVOS .....	26
<b>1.3.1 Objetivo geral</b> .....	26
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b> .....	26
<b>2 INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E CONTROLE DO PROCESSO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS</b> .....	27
2.1 A CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	27
2.2 CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	29
2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	32
<b>2.3.1 Sistema Toyota de Produção</b> .....	32
<b>2.3.2 Conceitos e princípios do <i>Lean Thinking</i> e do <i>Lean Production</i></b> .....	33
<b>2.3.3 <i>Lean Construction</i></b> .....	33
<b>2.3.4 Aplicação do sistema <i>lean</i> na construção civil</b> .....	34
<b>2.3.5 Ferramentas tradicionais de gestão e controle da qualidade do processo de produção</b> .....	37
2.3.5.1 5W1H e PDCA .....	37
2.3.5.2 Indicadores .....	38
<b>3 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	40
3.1 SUSTENTABILIDADE EM QUESTÃO: HISTÓRICO E CONCEITOS .....	41
3.2 SUSTENTABILIDADE APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL.....	42
3.3 DEFININDO CONSTRUÇÕES VERDES .....	44
3.4 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO .....	48
<b>3.4.1 Complexidades inerentes ao processo construtivo</b> .....	48

<b>3.4.2 Estratégias e ferramentas para a gestão de resíduos</b> .....	49
3.4.2.1 <i>Benchmarking</i> .....	49
3.4.2.2 Avaliação do ciclo de vida (ACV).....	49
3.5 SUSTENTABILIDADE APLICADA AO CANTEIRO DE OBRA .....	51
<b>3.5.1 Planejamento de canteiro de obra</b> .....	51
<b>3.5.2 Programa de manutenção da organização do canteiro</b> .....	52
3.5.2.1 Estratégias para o planejamento do canteiro .....	53
3.5.2.2 Projeto de <i>layout</i> de canteiros de obras.....	54
<b>4 CERTIFICAÇÕES COMO INSTRUMENTO PARA A SUSTENTABILIDADE NA</b> <b>INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO</b> .....	55
4.1 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS E A CONSTRUÇÃO CIVIL .....	56
4.2 INICIATIVAS VERDES NO BRASIL.....	56
4.3 ALTA QUALIDADE AMBIENTAL (AQUA) .....	57
4.4 LEED - LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN .....	59
4.5 DISTINÇÃO ENTRE AQUA E LEED.....	63
4.6 LIMITES DA CERTIFICAÇÃO .....	63
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	68
5.1 CARACTERÍSTICAS DO CANTEIRO DE OBRA DO MARACANÃ .....	72
5.2 CERTIFICAÇÃO LEED NA OBRA DO MARACANÃ .....	72
<b>5.2.1 Análise do canteiro e levantamento de dados</b> .....	73
<b>5.2.2 Critérios da certificação LEED aplicados no canteiro de obra do Maracanã</b> .	73
5.3 ANÁLISE E UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS PARA VERIFICAÇÃO DO LEED .....	75
5.4 AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM UM CANTEIRO DE OBRA .....	76
5.5 CERTIFICAÇÃO LEED E O PROJETO ARQUITETÔNICO .....	76
<b>6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	77
6.1 O CANTEIRO DE OBRA DO MARACANÃ .....	78
<b>6.1.1 Explicação do Canteiro de obra do Maracanã</b> .....	78
<b>6.1.2 Perdas de materiais e suas causas</b> .....	80
6.2 PROCEDIMENTOS DO LEED IMPLANTADOS NO CANTEIRO DE OBRA DO MARACANÃ COM ÊNFASE NAS CATEGORIAS “TERRENO SUSTENTÁVEL” E “MATERIAIS E RECURSOS” .....	85
<b>6.2.1 A decisão da adoção da certificação sustentável LEED na obra do Maracanã</b>	85
<b>6.2.2 Panorama do LEED na obra do Maracanã</b> .....	85

<b>6.2.3 Análise das ações com princípios de sustentabilidade implantadas no canteiro de obra do Maracanã relativas às categorias LEED selecionadas .....</b>	<b>94</b>
6.2.3.1 Terreno sustentável - Prevenção de poluição nas atividades de construção .....	94
6.2.3.2 Materiais e recursos – Depósito de recicláveis .....	102
<b>6.3 ANÁLISE E UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS PARA VERIFICAÇÃO DO LEED .....</b>	<b>118</b>
<b>6.3.1 Pontos os quais foram trabalhados para a minimização da geração de resíduos no canteiro de obra .....</b>	<b>118</b>
<b>6.3.2 Método de intervenção para redução de perdas de materiais .....</b>	<b>118</b>
6.4 AÇÕES DE INTERVENÇÃO PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM UM CANTEIRO DE OBRA BASEADO NA EXPERIÊNCIA DO MARACANÃ .....	119
6.5 RELACIONANDO A CERTIFICAÇÃO LEED COM O PROJETO ARQUITETÔNICO .....	123
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>125</b>
<b>SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....</b>	<b>130</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>131</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>143</b>
ANEXO 1 .....	143
ANEXO 2 .....	147
ANEXO 3 .....	148
ANEXO 4 .....	150
ANEXO 5 .....	151
ANEXO 6 .....	152
ANEXO 7 .....	153

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 IMPORTÂNCIA DO TEMA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A produção de resíduos sólidos surgiu quando o homem começou a interferir no meio ambiente. Hoje os resíduos sólidos são conhecidos como um problema ambiental devido seu acúmulo em locais inapropriados, trazendo consigo impactos socioambientais que comprometem a qualidade de vida da população.

A expansão das cidades ocorreu no Brasil a partir da década de 1970, prejudicando o meio ambiente e a qualidade de vida da população devido à ausência de um adequado planejamento urbano ambiental, levando a um aumento da geração de resíduos. Do final da década de 2000 até o momento, a situação financeira positiva do país tem gerado crescimento da indústria da construção civil, culminando na execução de inúmeras obras de infraestrutura e de edificações de uso comercial, industrial e habitacional. Esses tipos de obras nos grandes centros urbanos tem acelerado a modificação do meio ambiente não só no aspecto urbanístico, com a verticalização das cidades ou com novas grandes áreas habitacionais, condomínios fechados ou mesmo com reformas das edificações existentes, como também na geração de toneladas de resíduos de demolição e construção, destinados de forma incorreta.

Em 1987, o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável no Relatório de *Brundtland*, como um modelo de desenvolvimento que visa não apenas satisfazer as necessidades presentes, mas também garantir condições às próximas gerações de se desenvolverem e de suprirem suas próprias necessidades, fez com que parte considerável da sociedade se tornasse cada vez mais exigente em relação ao meio ambiente.

Na execução de atividades de construção civil da indústria brasileira é notória a expressiva geração de resíduos de construção e demolição. Segundo Ângulo *et al* (2002), 68,5 milhões de toneladas de resíduos de construção civil são geradas por ano no Brasil, sendo que uma parte deste resíduo é proveniente do desperdício na execução das atividades construtivas. Este montante representa 25% dos materiais consumidos desde a extração da matéria-prima, transporte e utilização na obra. A outra parte dos resíduos é proveniente de demolição de edificações, que compreende materiais como resíduos de concreto, alvenaria, vidro, gesso, madeira, que poderiam ser reciclados e não descartados no meio ambiente como vem sendo vivenciado. Estes provocam impactos ambientais expressivos, principalmente quando são depositados em locais inadequados, gerando assoreamento de córregos e rios, interrupção de

vias e proliferação de vetores causadores de doenças que provocam problemas de saúde pública, influenciando negativamente a qualidade de vida da população.

A indústria da construção civil destaca-se por ser responsável por números entre 20% a 50% do total dos recursos naturais extraídos e consumidos pela sociedade (SANTOS, 2007). Esta indústria pode ser considerada a maior consumidora de recursos naturais, energia e materiais, uma vez que consome cerca de 40% da energia e do resíduo produzido no país (JOHN, 2000). Cerca de 75% dos resíduos de construção civil gerados no Brasil são advindos de construções informais e 15% a 30% são provenientes de obras formais (MARQUES NETO, 2005; PINTO, 2005).

John (2000) ressalta que a construção civil desperdiça durante o processo construtivo cerca de 56% de cimento, 44% de areia, 30% de gesso, 27% de condutores elétricos e 15% das tubulações, considerando que essas estimativas de desperdício de material correspondem à diferença entre a quantidade de material previsto para a obra e o que é realmente usado. Além da geração de resíduos da construção civil causada pelo desperdício de materiais, destaca-se o consumo de água e energia nas atividades de canteiro de obra, assim como a geração de efluentes e poluição atmosférica.

Apesar da geração indiscriminada de resíduos, a indústria da construção movimenta a economia do país, representando 8,4% do PIB (Produto Interno Bruto), referente a cerca de R\$ 187 bilhões, empregando mais de 4 milhões de trabalhadores (CBIC, 2007). Em contrapartida, os produtos gerados pela construção civil apresentam vida longa, assim como os impactos que eles geram para o meio ambiente (CBIC, 2005).

Um dos problemas evidenciados pela geração de resíduos e sua destinação para locais inadequados é a falta de espaço destinados à disposição final desses resíduos dentro da área urbana (BARKOKÉBAS JR. *et al*, 2002) demonstrando a conivência do poder público e a falta de preocupação com o impacto ambiental que esse descarte causa.

Em relação às demais indústrias, a construção civil é a mais conservadora em relação a mudanças, devido a resistência em absorver novas tecnologias e alterar seus processos, além de não considerar os conhecimentos adquiridos em outras obras (YIN; TSERNG *et al*, 2008). Mas esse quadro vem sendo forçado a mudar devido a escassez de recursos naturais e aos impactos ambientais causados pela construção civil que precisam ser reduzidos, levando a uma adaptação à realidade, que vem acontecendo lentamente se comparada às demais indústrias.

O surgimento de certificações de edificações verdes como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) mostra a preocupação com a construção sustentável e pela busca de alternativas para solucionar os problemas e impactos ambientais causados pela geração de resíduos oriundos do crescimento das cidades e das construções. O que dificulta a busca pelo desenvolvimento sustentável da construção civil no Brasil é a ausência de ações e dados, estruturados e ordenados, sobre as práticas a serem adotadas, destacando a precariedade de informações a respeito do ciclo de vida dos materiais (SILVA, 2007), levando à ausência de banco de dados que apresente parâmetros a serem seguidos pela construção civil.

O impacto no meio ambiente causado pela construção civil ocorre desde a extração e transporte da matéria-prima, passando pelo processo construtivo, ao longo de sua vida útil até sua demolição e descarte. Para a produção do seu produto, a indústria da construção explora recursos naturais e gera a partir deles resíduos que são descartados de forma incorreta, não se atentando para a importância de uma gestão adequada, ignorando os impactos causados pela destinação clandestina de entulhos (BLUMENSCHNEIN, 2004). Existe, portanto, a necessidade de transmitir conhecimento ecológico e ambiental aos envolvidos no processo construtivo (CAPRA, 2002) para absorver a ideia de sustentabilidade e produzir um edifício com base no processo de reciclagem (HENDRIKS, 2000).

Considerando o volume de resíduos sólidos resultantes dos processos construtivos nos centros urbanos e a maneira como são tratados e gerenciados no Brasil, torna-se necessário conscientizar e passar conhecimento aos envolvidos buscando a destinação correta e o processamento adequado destes resíduos. É preciso proteger o meio ambiente dos impactos resultantes da disposição incorreta e clandestina, aproveitando o potencial do material descartado possibilitando a geração de novos materiais a partir desse resíduo, buscando a mudança do processo de produção da construção civil (BLUMENSCHNEIN, 2004).

Os resíduos sólidos da construção civil são fontes de poluição dos recursos hídricos e da atmosfera. Isso ocorre devido a tratamentos e destinação inadequados desses resíduos. O crescimento demográfico dos núcleos urbanos e, especialmente, das áreas metropolitanas, agravam esse quadro, causando, por conseguinte, danos à qualidade de vida da população. Para atingir a sustentabilidade é preciso que cada envolvido no processo apresente responsabilidade perante o todo (KIBERT, 2005).

Existem em Goiânia 451 empresas construtoras responsáveis por 3% das construções do país, por gerar R\$ 214 milhões em salários e 2,1% de empregos (SINDUSCON-GO, 2008). Apesar da quantidade de construtoras, constatou-se que poucas

apresentam algum certificado de sistema de gestão, onde uma possui certificação ISO14001, 39 possuem a certificação ISO 9001 e 93 são certificadas pelo PBQP-H (INMETRO, 2011). Por haver em Goiânia uma empresa certificada pela ISO14001, no setor construtivo da cidade, tornou-se indispensável averiguar se as construtoras tem praticado ações voltadas para a sustentabilidade em suas obras mesmo sem buscar a certificação e qual o grau de dificuldade que as certificações impõem para que se justifique a existência de um quadro baixo de construtoras certificadas na capital.

O Brasil não apresenta ainda um sistema próprio de certificação ambiental de edificações e por essa razão devem-se buscar certificações de outros países para reconhecer um empreendimento como sustentável, ou com princípios sustentáveis (TRIANA *et al*, 2011). Desta forma, utilizou-se na pesquisa a certificação norte-americana LEED, aplicada em diversos países, como princípio norteador para o estudo do processo de projeto e execução de um edifício sustentável.

Segundo levantamento realizado junto ao Sinduscon-GO, em 2011, verificou-se que não existia nenhuma obra certificada pelo LEED ou em processo de certificação na região. A partir desta informação, buscou-se, então, uma obra que estivesse almejando a certificação, para realizar o estudo de caso. Tomou-se como objeto de estudo a obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã, na cidade do Rio de Janeiro, para a Copa do Mundo FIFA 2014, a qual se encontrava em processo de certificação LEED, sendo esta uma obra de referência nacional e internacional devido a sua importância, tanto no aspecto técnico como sociocultural.

Este trabalho consiste em uma pesquisa que visa levantar e listar melhorias de redução de desperdício de materiais em um canteiro que busca a certificação LEED. Buscou-se levantar ações básicas que minimizem a produção do resíduo desde sua geração, a fim de evitar ou minimizar a geração do resíduo na obra e não remediar algo que já ocorreu.

Por motivos expostos, justifica-se o tema desta pesquisa em busca de contribuições para a formação de estratégias para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. Isso trará um retorno positivo minimizando as perdas de materiais nos canteiros de obras e otimizando o processo de destinação final do resíduo, reduzindo os danos que os resíduos causam ao meio ambiente. Neste contexto, o presente trabalho pretende contribuir para o controle e a redução das perdas de materiais na construção civil, a partir de conceitos e princípios, de utilização de ferramentas que contribuam para uma melhor estratégia de redução de perdas e desperdício de materiais.

## 1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é apresentada em sete capítulos.

O Capítulo 1, *Introdução*, trata da introdução do tema assim como uma rápida explanação a respeito de construção sustentável, situação dos resíduos no Brasil e apresentação dos referenciais teóricos da pesquisa. Também é onde se apresentam caracterização do problema, justificativa, os objetivos que nortearam o trabalho, bem como a estrutura que a dissertação seguiu.

O Capítulo 2, *Indústria da construção civil e controle do processo da geração de resíduos*, apresenta aspectos da cadeia produtiva da indústria da construção civil, seu cenário e os sistemas de produção industrial que visam a qualidade do processo construtivo.

O Capítulo 3, *Sustentabilidade na construção civil*, contém breve discussão sobre consumo e geração de resíduos, revisão teórica a cerca da sustentabilidade em seu aspecto mais amplo, interferências da adoção do conceito de construção sustentável e sua aplicação na construção, o canteiro de obra com princípios da sustentabilidade, ações para uma melhor implantação do canteiro e as suas contribuições para o desenvolvimento da sustentabilidade.

No Capítulo 4, *Certificações como instrumento para a sustentabilidade na indústria da construção*, busca-se identificar as ferramentas que contribuem para a evolução da construção sustentável e apresentar as certificações sustentáveis existentes, destacando a certificação LEED, ferramenta empregada nesta pesquisa, assim como sua relação com a arquitetura.

No Capítulo 5, *Metodologia*, tem-se o desenvolvimento da metodologia utilizada na pesquisa: a escolha do objeto de pesquisa, o método adotado e a sequência de trabalho.

O Capítulo 6, *Apresentação e análise de resultados*, trata da aplicação da metodologia de pesquisa, apresentando e analisando os dados coletados e os resultados.

No Capítulo 7, *Conclusão*, são apresentadas as conclusões da pesquisa, relacionando-as com os objetivos e as recomendações e sugestões para trabalhos futuros, fundamentadas nos resultados encontrados.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral apresentar contribuições para a minimização da produção de resíduos sólidos da construção civil nos canteiros de obras por meio da aplicação dos conceitos de sustentabilidade na indústria da construção, abordando as recomendações do organismo internacional de certificação LEED no canteiro da obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã para a Copa do Mundo FIFA 2014.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento dos resíduos gerados na obra do Estádio Maracanã e suas causas;
- Analisar a aplicação da certificação LEED na obra do Maracanã, mediante a identificação e verificação dos fatores que levam à geração de resíduos;
- Identificar e checar os fatores capazes de influenciar na minimização da produção de resíduos, através de estudo de caso da obra do Maracanã, a fim de reduzir a geração de resíduos sólidos no canteiro de obra;
- Avaliar os resultados da minimização de resíduos da construção civil no Maracanã por meio do monitoramento da aplicação da certificação LEED;
- Estabelecer alternativas de intervenção para redução de perdas em um canteiro de obra, propondo ferramentas, diretrizes e estratégias para minimizar os impactos do setor e a geração dos resíduos sólidos no canteiro de obra, abordando as recomendações LEED.

## 2 INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E CONTROLE DO PROCESSO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

A produção de resíduos sólidos e seu descarte irregular tem sido reconhecidos mundialmente como um dos mais graves problemas ambientais urbanos enfrentados pela sociedade contemporânea, gerados pelo consumismo, substituindo produtos duráveis pelos descartáveis. A produção precisa ser elevada para atender a demanda crescente, reduzindo a vida útil do produto.

A população consegue absorver que a geração indiscriminada de resíduos sólidos tem levado à degradação do meio. No entanto, não compreendem que é fruto do mau uso que fazem dos recursos naturais. Para agravar a situação tem-se o longo tempo de degradação e a presença de toxina nos materiais descartados. Os resíduos da construção civil se enquadram neste contexto e chamam a atenção devido o volume de entulho encontrado junto aos resíduos sólidos urbanos.

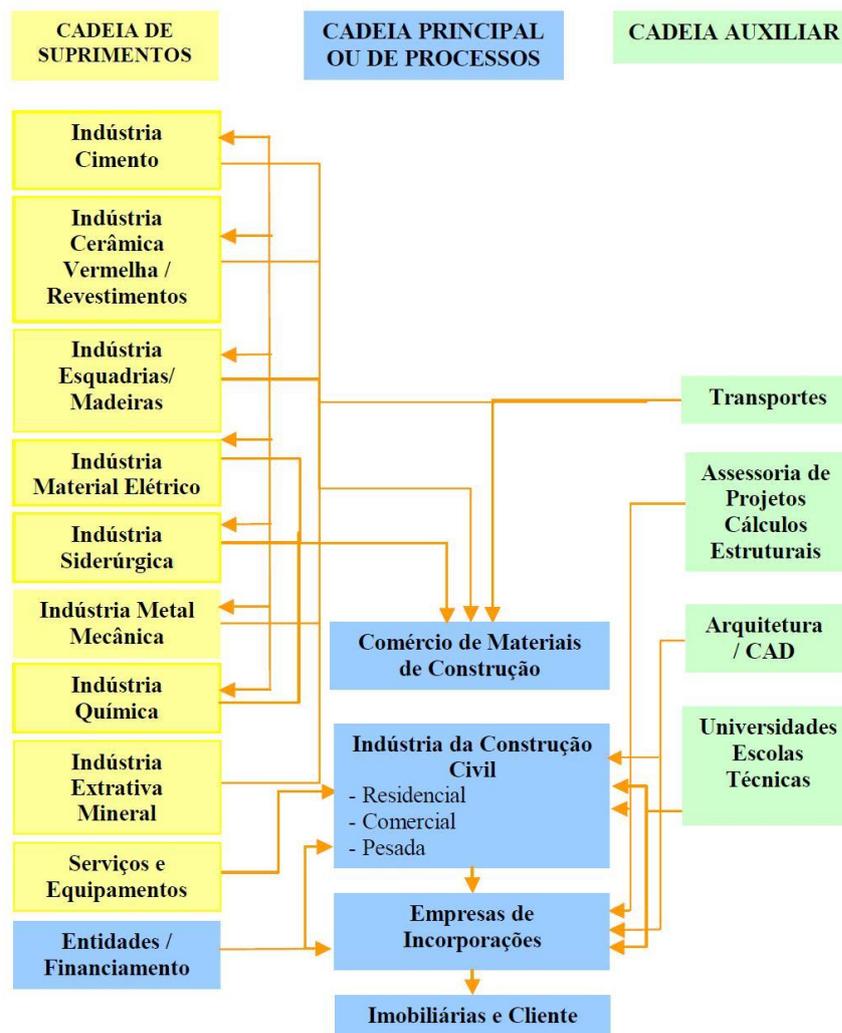
O atraso na construção civil ocorre devido desenvolvimento tecnológico lento e baixa produtividade comparando com outras indústrias; baixa qualidade dos produtos; e níveis salariais baixos que mantém uma parcela da sociedade impossibilitada de crescer economicamente (SILVA, 1986).

Cardoso (1993) ressalta que é preciso propor soluções organizacionais envolvendo o canteiro e a empresa antes de se preocupar com a base técnica da construção. A variabilidade dos processos de produção, terceirizando os serviços e utilizando componentes industrializados vem demonstrando a evolução da construção. São necessárias duas principais ações para que isto ocorra: a formação da mão-de-obra e a elaboração detalhada dos procedimentos de execução dos diferentes serviços.

Farah (1988) afirma que para que haja mudança na construção civil não é preciso interferir na base técnica e sim no controle do processo de trabalho, por meio da racionalização da construção, buscando redução de custos e aumento da produtividade.

### 2.1 A CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção é considerada uma cadeia produtiva complexa. Esta se divide em três extensos grupos: de suprimentos, auxiliar e principal ou de processos (BLUMENSCHNEIN, 2004), conforme mostra a Figura 1.



**Figura 1** - Cadeia produtiva da Construção Civil.  
Fonte: Blumenschein, 2004.

Um empreendimento só é considerado sustentável se foi desenvolvido desde o início do seu processo para atingir esse fim. Para que isso seja possível, é preciso incorporar princípios sustentáveis nos projetos e na execução do empreendimento. A participação de todos os envolvidos em todas as etapas desde o início do processo de produção do edifício é fundamental (BLUMENSCHHEIN, 2004), compartilhando ideias e experiências na melhor solução para o desenvolvimento de uma construção sustentável.

Essa cadeia complexa, que envolve expressivo número de participantes, está inserida em um meio também complexo e com fatores determinantes influenciando seu comportamento. Seu meio ambiente é composto de diferentes fatores, os quais estão incorporados em diferentes sistemas que influenciam em toda a cadeia influenciando de forma positiva ou negativa no seu desenvolvimento (BLUMENSCHHEIN, 2004).

## 2.2 CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A produção adotada na atualidade pelas empresas construtoras não pode ser denominada sustentável, pois não alia progresso social e crescimento econômico com o respeito ao meio ambiente. Os dados do Quadro 1 ilustram essa realidade, a qual, dentre as atividades da construção, inúmeros impactos ambientais e sociais colaboram para que o desenvolvimento não seja benéfico à sociedade e ao meio ambiente:

**Quadro 1** - Recursos consumidos na atividade da construção.

RECURSO	CONSUMO
<b>Materiais</b>	50% de todos os recursos mundiais destinam-se ao setor de construção
<b>Energia</b>	40% da energia gerada é utilizada no aquecimento, iluminação e ventilação de edifícios. 5% é utilizada para a construção
<b>Água</b>	30% da água utilizada no mundo é destinada ao abastecimento das instalações sanitárias e outros usos dos edifícios, e em construções
<b>Terra</b>	60% da superfície da terra cultivável é utilizada em construções
<b>Madeira</b>	70% dos produtos derivados da madeira são destinados à construção de edifícios

Fonte: Adaptado de Teixeira, 2010.

Nas atividades de construção, impactos ambientais e sociais dificultam o desenvolvimento da sociedade e do meio ambiente. Essas atividades são agressivas ao meio ambiente, destacando demasiado consumo de matérias-primas e a demolição de edifícios, que geram resíduos e consumo elevado de energia e água na fase de execução dos edifícios.

De forma mais abrangente, são listados a seguir alguns dos impactos ambientais negativos da atividade de construção (SILVA *et al*, 2008):

- O Brasil consome 75% dos recursos naturais extraídos em construções;
- O setor da construção civil gera uma quantidade de resíduos de construção e demolição elevada, gerando impactos ambientais e financeiros aos municípios, levando a contaminação ambiental por produtos tóxicos presentes em materiais de construção;
- Os canteiros de obras são responsáveis por erosões danificando o sistema de drenagem natural da água, além de gerar demasiada quantidade de poeira e ruído;
- A construção impacta o solo diminuindo sua permeabilidade alterando a drenagem, o que provoca enchentes, reduzindo as reservas de água subterrânea;

- A utilização de madeira ilegal na construção, comprometendo a preservação das florestas, desequilibrando o ecossistema;
- A construção contribui para a poluição, liberando gases do efeito estufa, como CO<sub>2</sub>, durante seu processo;
- Os edifícios brasileiros gastam cerca de 18% do consumo total de energia do país, 50% do consumo de energia elétrica e 21% da água consumida no Brasil (CBCS, 2007);
- Como já citado anteriormente, a construção desperdiça, em média, nas obras, 56% de cimento, 44% de areia, 30% de gesso, 27% dos condutores e 15% dos tubos de PVC e eletrodutos (JOHN, 2000).

A construção civil gera também problemas sociais como a má remuneração dos colaboradores, o impacto na qualidade de vida do entorno e alto índice de informalidade, destacando a comercialização de materiais sem nota fiscal e a presença de funcionários sem registro nas obras (CSILLAG *et al*, 2008). Essa informalidade é induzida pelo sistema capitalista, pelos meios de consumo. Para alcançar a sustentabilidade é preciso solucionar os problemas sociais, sobretudo acabar com a informalidade na construção.

“O conceito de Construção Sustentável busca apresentar propostas para esses problemas, através do desenvolvimento de sistemas construtivos que promovam integração com o meio ambiente, adaptando-os para as necessidades de uso, produção e consumo humano, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras, além da adoção de soluções que propiciem edificações econômicas e o bem-estar social” (JOHN *et al*, 2007).

A inclusão de conceitos sustentáveis nas atividades de construção apresenta-se como uma tentativa de minimização dos problemas gerados durante o ciclo de vida dos empreendimentos. A ideia de construção sustentável deve ser considerada no ciclo de vida de todo o empreendimento, partindo de sua concepção até a sua revitalização, estabelecendo ações para cada fase do empreendimento, apresentando os impactos ambientais em cada momento e como estes itens devem ser trabalhados para serem solucionados.

Alguns princípios básicos para uma construção sustentável são destacados pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2011), como premissas para o desenvolvimento de um empreendimento, como tomar partido das condições naturais locais; a utilização mínima do terreno e integração da edificação com o ambiente natural; minimizar impactos no entorno imediato; priorizar qualidade ambiental interna e externa; utilizar materiais ecoeficientes; reduzir o consumo de água e energia durante a execução e no uso da

edificação; reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos; utilizar tecnologias inovadoras; educação ambiental e conscientização dos envolvidos no processo.

Já em relação aos aspectos ambientais, o setor da construção conta com alguns sistemas de avaliação e certificação ambientais de empreendimentos que abordam itens básicos para a verificação da sustentabilidade ambiental. Esses se dividem em critérios mais amplos como: qualidade da implantação e dos serviços; gestão do uso de água, energia, materiais e resíduos (minimização); prevenção de poluição; gestão ambiental e da qualidade do ambiente interno; e desempenho econômico (ARAÚJO, 2009).

Levando-se em consideração que a etapa de execução de um empreendimento responde por uma parcela expressiva dos impactos negativos ambientais, referente a perda de materiais e geração de resíduos e as interferências na vizinhança e nos meios físico, biótico e antrópico da região da obra, o canteiro de obra deve ser considerado como elemento base para a disseminação das práticas sustentáveis durante o processo construtivo (GEHLEN, 2009).

Não se pode desconsiderar a fase anterior, de projeto, pois é a etapa crucial para todas as escolhas a serem feitas e aplicadas na etapa de execução, uma vez que esta etapa é a mais propícia a intervenções nas etapas do empreendimento. Neste momento é possível fazer escolhas de cunho sustentável e propor também alternativas para uma execução com princípios de sustentabilidade.

Assim, há a necessidade de se conhecer a intensidade e a frequência dos impactos, bem como suas consequências para o local onde a obra está inserida, priorizando os colaboradores da obra, sua vizinhança e a sociedade de modo geral, levando em consideração o contexto do canteiro de obra. É também importante e necessário fazer um Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) para que seja possível evitar ou amenizar parte considerável dos transtornos gerados por uma construção, em especial em construções de grande porte.

A adoção de ações sustentáveis fornece à empresa diversos benefícios, tais como a redução de riscos sociais e ambientais, através da redução de impactos ambientais e preocupação com saúde e segurança dos trabalhadores; o aumento do valor da marca, pela diferenciação do produto no mercado; e a garantia das cadeias de abastecimento e do gerenciamento dos investidores. Por isso, é necessária uma maior divulgação dessas práticas e dos seus benefícios, incentivando assim o setor nesse sentido.

## 2.3 SISTEMAS DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Compreendendo a evolução dos sistemas de produção industrial, passando por Taylor, Ford, o Sistema Toyota de Produção e a Produção Enxuta, que é a adaptação dos conceitos do Sistema Toyota de Produção para outras indústrias proposta por Womack *et al* (1992), é possível verificar o esforço na obtenção de melhoria da eficiência do processo de produção, até chegar à indústria da construção civil, adaptando e aplicando esses conceitos e princípios de gestão da produção.

Segundo Koskela (1992), desde o século XIX, a produção baseava-se em um processo de conversão de uma entrada (recursos) em uma saída (produtos). O Sistema Toyota de Produção verificou falhas neste modelo que levavam a retrabalhos. A partir desse novo paradigma de gestão da produção, essa passa a ser vista como sendo a soma entre atividades de conversão e de fluxo (transporte, espera e inspeção), dividindo as atividades que agregam e as que não agregam valor ao produto.

### 2.3.1 Sistema Toyota de Produção

Após a Segunda Guerra Mundial, novas práticas de manufatura foram desenvolvidas pela indústria japonesa, conhecidas como técnicas da produção enxuta, originando o Sistema Toyota de Produção Enxuta, modelo também conhecido como *Lean Production System* (WOMACK *et al*, 1992), que visa reduzir custos, aumentando a competitividade dos produtos, melhorando o processo de produção (MELO; RODRIGUES, 2003). Busca também reduzir as perdas no processo de produção como um todo. De acordo com Pontes (2004), considera-se perda qualquer atividade realizada em quantidade maior do que a necessária para a produção de um produto, levando a aumentar os custos de produção sem agregam valor.

Esse sistema de produção denominado Sistema Toyota de Produção surgiu após a identificação de falhas no sistema tradicional de Ford (Fordismo<sup>1</sup>), buscando o desenvolvimento de uma linha de produção que apresentasse redução de atividades desnecessárias à produção. Entre elas estão: Superprodução: perda por produção superior à esperada; Espera: perda de tempo durante a transformação do produto; Transporte: perdas em

---

<sup>1</sup> É um sistema de produção de fabricação em grande escala criado por Henry Ford, em 1914, para sua indústria de automóveis, baseado em uma linha de montagem, com o objetivo de reduzir os custos de produção reduzindo, consequentemente, o custo do produto. Dentro do sistema de produção, uma esteira rolante transportava o produto enquanto cada funcionário executava uma pequena tarefa. Como os funcionários não saiam do seu local de trabalho a produção apresentava uma velocidade maior.

tempo e esforço no transporte de produtos e materiais; Processamento: perda no próprio processamento do produto; Estoque: perdas no uso de quantidade significativa de estoque, que mobiliza capital, mão-de-obra e espaço físico; Desperdício na movimentação: perdas na realização de um número de movimentos superior ao necessário para executar uma tarefa; Desperdício na produção de produtos defeituosos: perda física de materiais, perda de mão-de-obra e de tempo (SHINGO, 1996).

### **2.3.2 Conceitos e princípios do *Lean Thinking* e do *Lean Production***

A nova filosofia de produção, de acordo com Koskela (1992), também conhecida como *Lean Production* (produção enxuta), teve suas ideias originadas na década de 50, no Japão, na busca de eliminar os estoques e desperdício, a redução de tempo de trabalho e a cooperação com fornecedores, combinando aspectos positivos do processo artesanal com os de produção em massa, reduzindo custos e tornando os processos mais flexíveis. Otimiza o uso da mão-de-obra determinando mais de uma tarefa aos trabalhadores, integrando trabalhos diretos e indiretos e buscando realizar atividades de melhoria contínua (DANLBAAR, 1997).

Neste contexto, Womack e Jones (2003) apresentam uma linha de pensamento baseada no *Lean Thinking* (mentalidade enxuta), composta por cinco princípios *lean*: especificar valor, identificar a cadeia de valor, fluxo, puxar e perfeição, detalhados no Anexo 1. O *Lean Thinking* estabelece melhorias em relação aos esforços para converter desperdício em valor, gerando novos trabalhos e não eliminando em busca de eficiência, e isso leva a um trabalho com maiores compensações (WOMACK E JONES, 2003).

### **2.3.3 *Lean Construction***

Surge a partir da década de 90, com o estudo de Koskela (1992), "*Application of the new production philosophy in the construction industry*", o termo *Lean Construction* ou Construção Enxuta que têm em seus princípios os conceitos do Sistema Toyota de Produção, partindo da matéria-prima até alcançar o produto final, composto por um processo que consiste em atividades de transporte, espera, processamento e inspeção, não desconsiderando as atividades que não agregam valor ao produto.

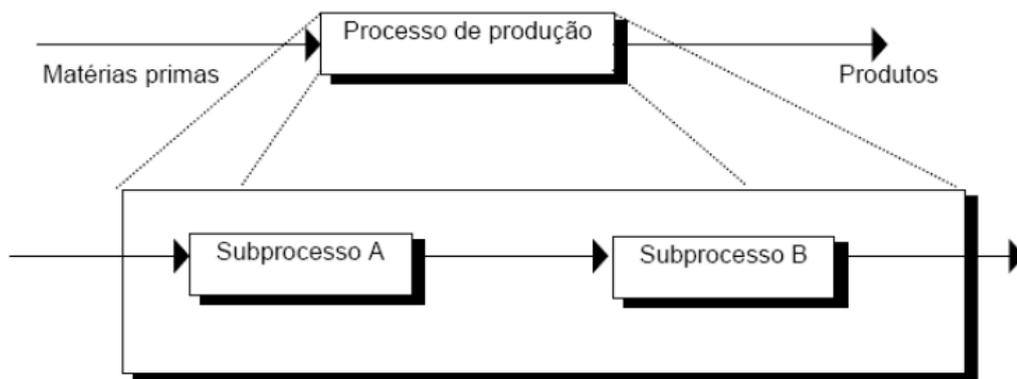
O termo "*Lean Construction*" tem como conceito o gerenciamento de obras, objetivando a racionalização de processos na construção civil. Objetiva a eliminação dos desperdícios, diminuindo o custo da produção e aumentando a qualidade do produto final,

além de eliminar a quebra da continuidade da produção, integrando e planejando as atividades.

O trabalho realizado por Skoyles (1974) sobre o tema “Perdas na Indústria da Construção Civil”, serviu como base para o subsetor de edificações, caracterizado pela utilização de processos construtivos com perdas relevantes de material. Esse trabalho enfatizava que boa parte dessa perda se dá pela falta de planejamento antes do início dos projetos, o que acarreta a execução sem um estudo do sequenciamento quanto à utilização da mão-de-obra.

### 2.3.4 Aplicação do sistema *lean* na construção civil

A proposta de Koskela (1992), representada na Figura 2, apresenta a construção enxuta como um processo constituído de subprocessos, que apresenta fluxo de materiais, partindo da matéria-prima até o produto acabado.



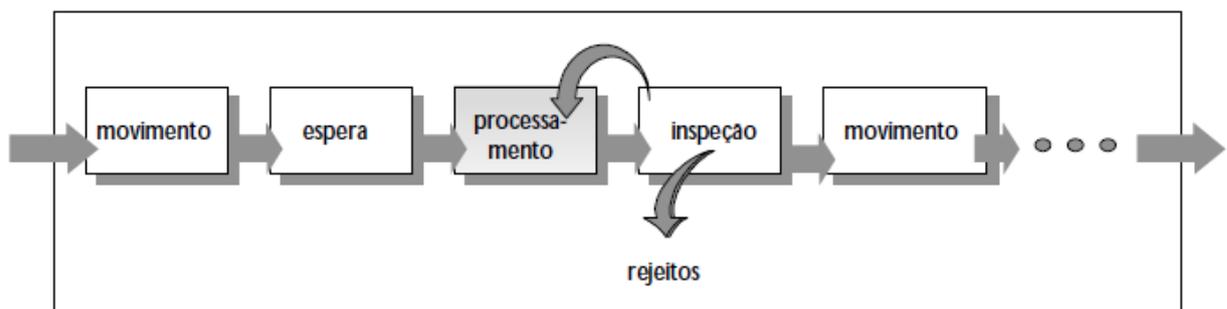
**Figura 2** - Modelo de processo na filosofia gerencial tradicional (KOSKELA, 1992).

Koskela (1992) afirma que o modelo de transformação baseia-se em noções de gerenciamento e de organização. O modelo de conversão apresenta como característica principal o fato de que o trabalho pode ser feito em partes e gerenciado da mesma forma, sendo essas independentes entre si, facilitando a responsabilidade local e dificultando o gerenciamento do fluxo da produção. Para que o modelo apresente sucesso, cada parte envolvida deve cumprir suas obrigações. No entanto, se algo ocorre diferente do planejado, toda a estrutura estará propensa a entrar em colapso (BALLARD, 2000).

Shingo (1996) destaca quatro elementos de fluxo de transformação de matéria-prima em produtos capazes de melhorar o processo: 1) Processamento – o material passa por mudança física ou qualitativa, tal como montagem ou desmontagem; 2) Inspeção – verificação da realização dos padrões estabelecidos; 3) Movimento – deslocamento de

materiais ou produtos; 4) Espera – período em que não ocorre nenhuma das atividades descritas anteriormente, podendo ser ainda dividido em espera do processo, onde um lote inteiro espera o processamento do lote precedente, e espera do lote, no qual todo o lote espera o processamento de uma peça.

Koskela (1992) apresenta essa divisão dos processos (Figura 3), afirmando que melhorias realizadas nos elementos geram uma melhoria geral dos processos. As atividades de conversão agregam valor ao produto, transformando a matéria-prima em produto. Dentre as atividades apresentadas na Figura 3 apenas o processamento agrega valor ao produto final, sendo as demais consideradas atividades de fluxo.



**Figura 3** - Etapas do processo de produção.  
Fonte: Koskela, 1992.

Segundo Formoso (2000), dois terços (67%) do tempo gasto por trabalhadores no canteiro de obra são em atividades que não agregam valor. Isso ressalta a necessidade de otimizar os fluxos, buscando sua redução no processo construtivo (KOSKELA, 1992).

Para Formoso *et al* (1996) o conceito de perdas na construção civil é relacionado apenas a desperdícios referentes a materiais. No entanto, a Produção Enxuta levanta a importância de considerar outros tipos de perdas, destacando as que apresentam relação com as atividades de fluxo. O conceito de perdas deve considerar o uso de equipamentos, transporte de materiais, excesso de mão-de-obra na execução da edificação, aumentando custos e gerando um produto de baixa qualidade.

Estão presentes no processo construtivo atividades que não agregam valor diretamente, mas agregam valor ao produto final, destacando o planejamento, treinamento da mão-de-obra e a segurança do trabalho na prevenção de acidentes. Essas atividades não deveriam ser eliminadas sem antes considerar se a ausência delas resultaria na geração de outras atividades que não agregam valor (KOSKELA, 2000).

Picchi (2003) desenvolveu um trabalho baseado nos conceitos de Koskela (1992) e de Womack e Jones (2003) onde são apresentados nove elementos fundamentais,

apresentados no Quadro 2. Foram desenvolvidos para compreender melhor as relações existentes entre as ferramentas e os conceitos e princípios do *lean thinking* (PICCHI, 2003).

**Quadro 2** - Comparativo entre os cinco princípios de Womack e Jones (2003) e os elementos fundamentais adotados no trabalho de Picchi (2003), e os princípios de Koskela (1992).

Cinco princípios do <i>Lean Thinking</i> (WOMACK; JONES, 2003)	Elementos fundamentais	Onze princípios para desenhos de processos (KOSKELA, 1992)	
		Nível 1	Nível 2
VALOR	Pacote de produto/serviço de valor ampliado	Aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes	
	Redução de <i>lead times</i>	Reduzir o tempo de ciclo	
FLUXO DE VALOR	Alta agregação de valor na empresa estendida	Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplificar através da redução de passos, parte e ligações</li> <li>- Focar o controle no processo global</li> <li>- Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões</li> </ul>
FLUXO	Produto em fluxo		Reduzir a variabilidade
	Trabalho padronizado		Aumentar a transparência do processo
PUXAR	Produção e entrega <i>just-in-time</i>		
	Recursos flexíveis	Aumentar a flexibilidade de saída	
PERFEIÇÃO	Aprendizado rápido e sistematizado	Introduzir melhoria contínua no processo	Fazer <i>benchmark</i>
	Foco comum		

Fonte: Picchi, 2003.

A construção civil precisa repensar seus princípios e trabalhar com foco nos acontecimentos do dia-a-dia da obra e não apenas confiar no que foi definido na programação dos empreendimentos, para, assim, atingir uma estabilidade e um fluxo contínuo de atividades (LAUFER & TUCKER, 1987). Applebaum (1982) ressalta que a relação entre funcionários, mestre-de-obras e engenheiros proporciona uma melhor solução aos problemas de processo da obra do que apenas a utilização de dados e documentos. Koskela (2004) se une ao pensamento de Laufer & Tucker (1987) e Applebaum (1982) de que a produção deve ser puxada de acordo com a necessidade da obra e não imposta pelos gestores quando afirma que a construção civil gera perdas por tentar realizar atividades de qualquer maneira, denominando de “*make-do*”.

### 2.3.5 Ferramentas tradicionais de gestão e controle da qualidade do processo de produção

As ferramentas da qualidade são instrumentos que facilitam realizar determinado método proposto, onde por meio delas analisam-se resultados, determinando suas causas, levantando ações de controle e melhoria. As ferramentas consistem em coletar dados, apresentar informações a respeito dos mesmos, realizar o processamento e análise para tomada de decisão e soluções de problemas (BRANDSTETTER, 2011).

Segundo Brandstetter (2011), as decisões gerenciais que podem ser subsidiadas pelas ferramentas tradicionais do controle são: o mapeamento do processo e a coleta de dados (Fluxograma e Folha de Verificação); o processo está ou não sob controle (Histograma e Gráfico de Controle Estatístico); apresentar as causas que geram a variabilidade do processo e como organizá-las para priorizar ações (Diagrama de Causa e Efeito e Diagrama de Pareto); existência de correlação entre as causas da variabilidade (Diagrama de Dispersão); como propor soluções para as causas dos problemas (5W2H, Plano de Ação, Criação dos Procedimentos de Controle de Produção e Recebimento).

#### 2.3.5.1 5W1H e PDCA

O 5W1H é um método que identifica as ações e as responsabilidades do gestor da obra, a fim de orientar ações a serem implementadas no canteiro. Pode ser usado em três etapas na solução do problema, sendo que as mesmas podem ser subdivididas em: Ação, Plano de Ação e Padronização. Na primeira investiga-se um problema ou um processo, para aumentar o nível de informações e buscar rapidamente onde está a falha. Na segunda, planeja-se o que deve ser feito. Na Terceira se padroniza os procedimentos que podem ser seguidos como modelo para prevenir que o problema apareça novamente (BRANDSTETTER, 2011).

Esta ferramenta permite rápida identificação dos elementos necessários como: *What* - O que será feito em cada etapa; *How* - Como deverá ser realizada cada tarefa/etapa e método utilizado; *Why* - Por que deve ser executada a tarefa, qual a justificativa; *Where* - Local em que cada etapa será executada; *When* - Quando cada tarefa deverá ser executada, determinação de tempo; *Who* - Quem realizará as tarefas, designar responsabilidade. Acrescentando o questionamento sobre aspectos de custo transforma-se na ferramenta 5W2H, com o elemento: *How much* - Quanto custará a tarefa/etapa (BRANDSTETTER, 2011).

A ISO 9001, da *International Standards Organization*, tem a sua estrutura baseada no processo PDCA, onde (BRANDSTETTER, 2011): *Plan* (planejamento) consiste em estabelecer uma meta ou identificar o problema, analisar o fenômeno e o processo levantando as causas dos problemas e elaborar um plano de ação; *Do* (execução) refere-se a executar as atividades conforme o plano de ação; *Check* (verificação) monitorar e avaliar processos e resultados, confrontando-os com o planejado e desenvolver relatórios; e *Act* (ação), agir de acordo com o avaliado e os relatórios, desenvolver novos planos de ação quando necessário, buscando melhorar a qualidade e eficiência, aprimorando a execução e corrigindo eventuais falhas. Ao realizar melhorias por etapas, o PDCA representa a busca pela solução de problemas, repetindo o ciclo de melhoria a fim de atingir melhores níveis de desempenho (SHIBA *et al*, 1997).

Sabe-se que é melhor planejar, a fim de evitar as perdas, as reparações e os retrabalhos. Tanto o 5W1H como o PDCA são métodos de planejamento, métodos gerenciais e sistemáticos de tomada de decisão. Tem como base o princípio de que é necessário compreender um problema ou um processo, antes que se possa aperfeiçoá-lo ou resolvê-lo, implantando as tarefas necessárias de forma organizada.

#### 2.3.5.2 Indicadores

A necessidade de desenvolver métodos objetivos de avaliação da qualidade, produtividade e eficiência tem determinado o crescente interesse na utilização de mecanismos quantitativos, precisos e de fácil visibilidade que se enquadram aos processos construtivos. Quando não se controla a qualidade do processo gera-se resíduo. A meta é analisar a evolução efetiva desses processos mediante o uso de indicadores (BRANDSTETTER, 2011). A construção dos indicadores pode ser estabelecida por uma sistemática simples a partir de dois referenciais, a identificação dos principais problemas da área e a análise de possíveis causas.

Para a construção de um indicador devem-se estabelecer sete elementos: objetivo, justificativa, ambiente, padrão, elemento, fator e medida. Definir o objetivo do indicador, segundo Brandstetter (2011), é direcionar toda a ação de avaliação da qualidade que se desenvolverá a partir dele, determinando o que deverá ser avaliado. A justificativa do indicador refere-se à determinação da importância de se proceder a avaliação. Não há porque se desenvolver uma avaliação se não há a razão para tal (a justificativa relaciona-se com o valor que o indicador agrega). Todo indicador está associado a um dos dois ambientes:

indicadores de produtividade (associados ao processo) ou indicadores da qualidade (relacionados ao mercado). O padrão é o referencial utilizado para verificar se houve melhoria no processo avaliado, comparando o resultado com a meta estabelecida. Para definir o padrão, é preciso anteriormente definir o que seja melhoria.

A estrutura do indicador envolve o elemento, o fator e a medida. O elemento trata do contexto, da situação, do assunto ou da natureza que caracteriza o indicador. Relaciona-se com a área do ambiente de avaliação. O fator trata da combinação dos componentes, relacionando duas ou mais variáveis em um mesmo elemento. Define os componentes básicos a serem considerados na avaliação. Frequentemente indica uma relação. As medidas são as unidades com as quais se medem os fatores (BRANDSTETTER, 2011).

Um indicador pode ser definido por um único elemento. Para este elemento podem ser criados vários fatores. Para cada fator associam-se várias unidades de medidas. O Quadro 3 apresenta alguns exemplos da construção do indicador e todos os seus elementos.

**Quadro 3** - Exemplos de elementos da construção do indicador.

<b>Objetivo</b>	<b>Justificativa</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Padrão</b>	<b>Elemento</b>	<b>Fator</b>	<b>Medida</b>
Determinar níveis atuais de absentéismo	Comparar o absentéismo na rotatividade com os concorrentes	Processo e mercado	Zero	Absentéismo	Faltas por setor por período	Percentual por setor por ano
Avaliar a participação no mercado	Determinar se está havendo evolução nesta participação	Mercado	Atingir a média de 25% por ano	Participação no mercado	Parcela do mercado por produto por período	Percentual por produto por semestre

Fonte: Adaptado de Brandstetter, 2011.

As ferramentas vem associadas às certificações. Servem para comprovar a eficácia da certificação, servindo como elementos certificadores de dados e que auxiliam no cumprimento dos seus objetivos. Uma vez aplicadas essas ferramentas e analisados os dados resultantes pode-se constatar se determinado requisito da certificação condiz ou não e se está sendo aplicado de forma satisfatória para a obtenção da certificação para a obra. É através das ferramentas que se acha o caminho correto para a obtenção de determinada certificação para um edifício. Essas ferramentas serão de extrema importância para o andamento e conclusão deste trabalho, uma vez que estas serão utilizadas para comprovar ou não a eficácia dos requisitos aplicados na obra do estudo de caso, servindo como elementos verificadores para a obtenção da certificação.

### 3 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os recursos naturais estão cada vez mais escassos. A velocidade com que os recursos estão sendo destruídos impossibilita o planeta de sustentar o modo de vida da população. De acordo com Leonard (2011), hoje se consome o dobro do que 50 anos atrás, e isso não aconteceu por acaso, foi planejado. Pouco depois da Segunda Guerra Mundial, o poder público estudava uma forma de impulsionar a economia. O analista de vendas Victor Lebow articulou a solução que seria a norma de todo o sistema de produção e economia.

“A nossa enorme economia produtiva exige que façamos do consumo a nossa forma de vida, que tornemos a compra e uso de bens em rituais, que procuremos a nossa satisfação espiritual, a satisfação do nosso ego no consumo. Precisamos que as coisas sejam consumidas, destruídas, substituídas e descartadas a um ritmo cada vez maior” (LEBOW, 1972).

Duas das suas estratégias que apresentaram resultados foram: a obsolescência planejada e a obsolescência perceptiva. A obsolescência planejada representa a efemeridade do produto, desenvolvendo produtos com vida útil pequena, incentivando o consumo, o descarte e a troca do produto inutilizável por um novo. Esta estratégia surgiu na década de 1950 com o design industrial. A obsolescência perceptiva convence a jogar fora coisas que ainda são perfeitamente úteis. Faz-se isso mudando a aparência dos produtos. Por isso, pessoas que compraram coisas há alguns anos e não trocaram não tem contribuído para o consumismo, e não consumindo, essas passam a ser mal vistas pela sociedade. A publicidade e a mídia em geral tem um papel importante nisso.

Cada pessoa produz em média 1,1 kg de resíduos por dia (IBGE, 2007). Todo esse resíduo é destinado para aterros ou incineradores, e uma parcela deles é reciclada. O resíduo que vem das residências é apenas uma parte do problema. “Para cada saco de lixo que deixamos na rua, 70 sacos de lixo são criados anteriormente. Assim, mesmo se pudéssemos reciclar 100% do lixo que produzimos não se chegaria ao coração do problema” (LEONARD, 2011). Esses dados são alarmantes quando considerado o resíduo domiciliar. No entanto, é preciso considerar também o resíduo da construção civil, que somado ao urbano aumenta o volume e a gravidade do problema.

No Brasil, segundo John (2010), cerca de metade da extração de matérias-primas não renováveis acaba na construção o que mostra que as obras são intensivas em uso de materiais. Vem aumentando a quantidade de demolições e também de construções devido o crescimento das cidades e da população, levando a construção a ser o setor industrial que mais

gera resíduo no país. De cada 1 m<sup>3</sup> de madeira utilizado, outro 1 m<sup>3</sup> ficou aos pedaços, para trás, assim como o aço e demais materiais (JOHN, 2010), onde fica evidente o descaso que se tem com a matéria-prima.

Partindo desse mesmo pressuposto, de acordo com Trigueiro (2010), consumir de forma consciente é necessário para não dizimar os recursos naturais não renováveis, utilizar de forma inteligente os recursos renováveis fundamentais à vida, não esquecendo de que nem todos os recursos são infinitos. No entanto, economistas afirmam que o consumismo é o que movimenta a economia mundial, e que sem consumo não tem geração de renda e emprego, tampouco produção de riqueza. Esta é a visão econômica clássica, onde pensadores defendem o pensamento de que o consumismo é necessário, e vão reforçando a ideia sem ter questionamento e ela acaba virando um dogma (TRIGUEIRO, 2010).

Por meio do pensamento desses autores percebe-se que o consumismo se estendeu de tal forma que chegou até a indústria da construção. A partir do momento em que as pessoas passam a consumir mais, gera uma demanda por mais residências, por inovação, alavancando a construção civil que passa a produzir mais moradias, mais indústrias, levando ao consumo descontrolado por habitações, muitas vezes sem necessidade. Isso representa extração de matéria-prima, utilização de mais recursos naturais e geração de resíduos. Além disso, o consumismo mostra um cenário onde a condição de vida das pessoas tem melhorado. Sendo assim, além de moradias, a exigência por infraestrutura também aumenta gerando mais construções e mais geração de resíduos da construção civil. A geração de resíduos tem crescido a cada dia devido ao crescimento das cidades, em muitas situações, de forma desordenada e devido a comportamentos inadequados da população frente às questões socioambientais.

### 3.1 SUSTENTABILIDADE EM QUESTÃO: HISTÓRICO E CONCEITOS

O conceito de sustentabilidade surgiu na década de 1960, fortalecendo-se em 1987, com a publicação do Relatório *Brundtland*. Definiu-se o conceito de Desenvolvimento Sustentável como sendo “aquele que atende às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras” (BRUNDTLAND, 1987, apud UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1992). Este conceito não priorizou a ecologia tampouco a economia, sendo abordadas de forma integrada. Na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNCED) realizada no Rio de Janeiro, em 1992, foi publicada a Agenda 21, um plano de ação global para o século

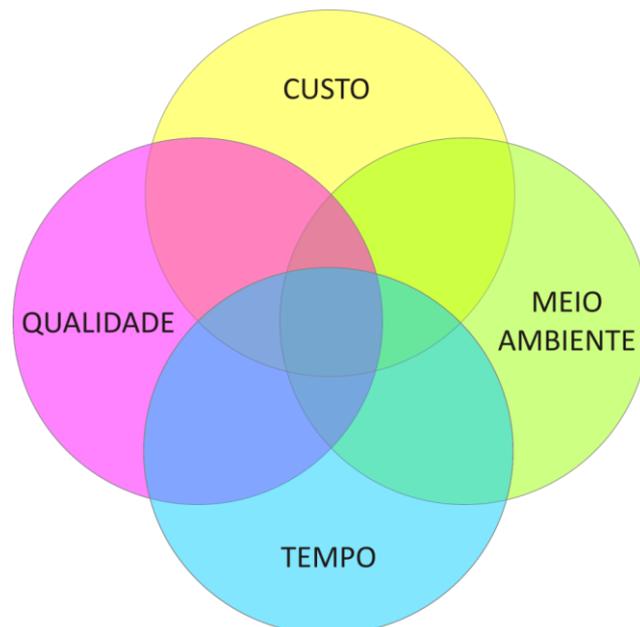
XXI que visava equilibrar as necessidades econômicas e sociais com os recursos naturais disponíveis no planeta (UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1992).

Sustentabilidade não se restringe aos aspectos ambientais, englobando também aspectos sociais, educacionais, econômicos e culturais, levando a mudança de paradigmas. Sachs (2002) a idealiza por meio dos critérios: social, cultural, ecológico, ambiental, territorial, econômico e político, onde os critérios que merecem destaque são os relativos à ecoeficiência e produtividade dos recursos, como a reciclagem dos materiais, aproveitamento de resíduos, conservação de energia e água, buscando prolongar seu ciclo de vida.

As dimensões da sustentabilidade são aplicáveis quando separadas por áreas de atuação, pois se define melhor as diretrizes e os planos de ação. Para atingir o todo é preciso atuar nas partes, “ações locais com efeitos globais” (BEZERRA e BURSZTYN, 2000), abordando a sustentabilidade em conjunto e não isoladamente.

### 3.2 SUSTENTABILIDADE APLICADA À CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção utiliza como parâmetro o triângulo de custo, qualidade e tempo. No entanto, seu tamanho e sua complexidade, assim como a quantidade de recursos que utiliza e a forma como interfere no meio ambiente, ressaltam a necessidade de mudar o pensamento e passar a considerar os fatores ambientais também como relevantes (BLUMENSCHHEIN, 2004), conforme ilustra Figura 4.



**Figura 4** - Introdução dos aspectos ambientais no contexto da indústria da construção.  
Fonte: Blumenschein, 2004.

Fatores ambientais devem ser considerados nas tomadas de decisões como um elemento que rege todo o processo da cadeia produtiva da indústria da construção, uma vez que os recursos naturais estão cada vez mais escassos e considerando, também, a forma como a indústria da construção civil agride e altera o meio ambiente, modificando-o.

Rovers (2001) apresenta a sustentabilidade da construção civil como construções atentas ao meio ambiente, destacando a redução do impacto do uso de energia, água, recursos materiais e resíduos; construções sustentáveis, destacando todos os aspectos referentes às construções e ao meio ambiente; e vida sustentável, considerando o modo de vida da população, visando que políticas e ações econômicas trabalhem em prol do conforto de todos.

Os elementos do triângulo que orientam o processo construtivo devem estar relacionados para um melhor resultado final. A relação entre os vetores custo, qualidade, tempo e meio ambiente é a base para a construção sustentável. Um sistema sustentável de construção bem estruturado propicia executar um empreendimento reduzindo o tempo de produção e trabalho, aumentando a produção e sua eficiência, reduzindo o custo da obra com material e mão-de-obra e preservando o meio ambiente, reduzindo a quantidade de matéria-prima necessária e, conseqüentemente, o desperdício de materiais. Assim é possível agregar valor à obra e executar uma construção com os princípios da sustentabilidade.

Portanto, a sustentabilidade de um empreendimento está ligada à qualidade do processo construtivo e aos materiais empregados, à sua durabilidade e seu potencial ao longo do tempo, de como ela se comporta aos impactos ambientais (BLUMENSCHHEIN, 2004). A durabilidade das edificações é de fundamental importância para uma edificação sustentável, tendo como base para isso os materiais empregados e o processo construtivo.

Para Hendriks (2000), durabilidade está relacionada à capacidade que o material apresenta de resistir às intempéries sem perder suas propriedades funcionais originais. Um empreendimento sustentável é aquele que apresenta durabilidade, que perdura por anos e que mantém suas características físicas. A durabilidade da construção está associada, também, à eficiência que ela possui em adequar-se a diversas funções com o passar dos anos e se consolidar como elemento visual de identidade local, que marca o lugar em que está inserido (ROMERO, 2001), pois além de duráveis, para serem sustentáveis as construções devem se preocupar e ressaltar as questões sociais, ambientais, culturais, históricas e simbólicas. A edificação é considerada sustentável quando atinge 200 anos de existência, ou passa por sete gerações, sendo este o tempo considerado necessário para a realização das compensações ecológicas dos impactos das construções (KIBERT, 2005).

Os países em desenvolvimento representam parcela considerável das construções mundiais, destacando-se a importância por diferentes atitudes e pensamentos e pela busca da sustentabilidade na construção civil e (ROVERS, 2003), considerando o crescimento de suas cidades e, conseqüentemente, a necessidade por habitação e infraestrutura.

Para tanto, considerando o déficit habitacional, Halliday (2008) destaca a utilização de considerações errôneas e falsas com intuito de justificar construções de baixa qualidade para atender a população. Além desses existem outros argumentos que seguem a mesma vertente como a quantidade de produção de alimentos que não é suficiente para a quantidade de pessoas como justificativa para a fome, a quantidade de unidades disponíveis não acessíveis para demonstrar a necessidade na demanda de novas habitações, que remete novamente a casas econômicas e eficientes no uso dos recursos.

### 3.3 DEFININDO CONSTRUÇÕES VERDES

O fato de utilizar o termo “construção sustentável” para definir uma construção preocupada com o meio ambiente, destacando a durabilidade da edificação, seu conforto, com menor consumo de energia e água, socialmente correta, destaca a necessidade de mudar a forma de projetar um empreendimento, assim como a forma de construí-lo, fazer uso do mesmo e, por fim, demolir.

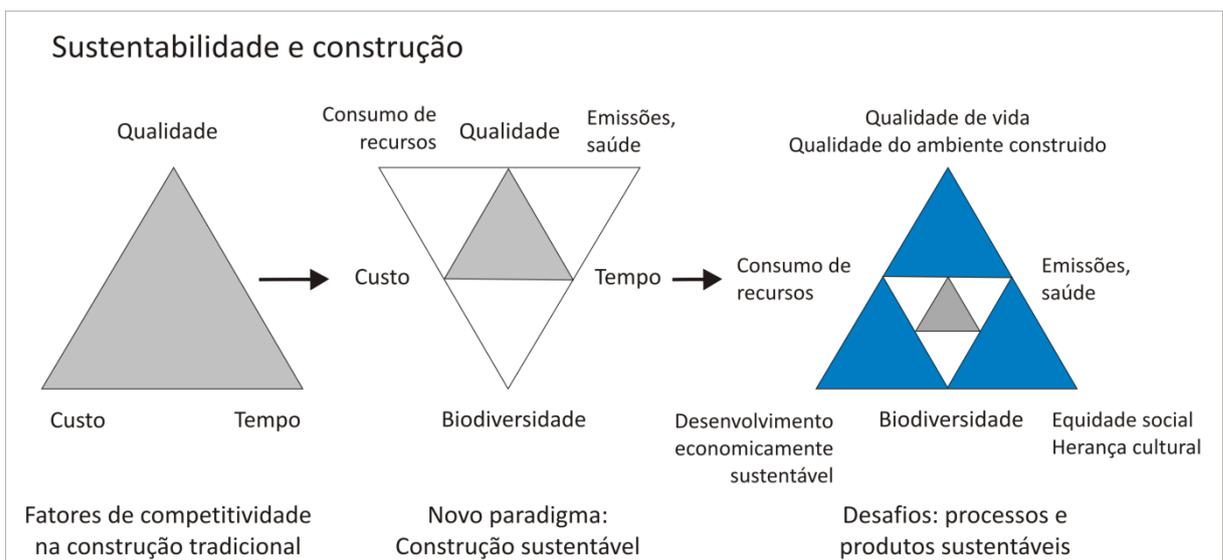
As iniciativas voltadas a tornar as construções mais sustentáveis surgem dos debates referentes ao desenvolvimento sustentável. A partir da década de 1970, estes debates evoluíram para uma preocupação internacional, culminando em várias conferências, protocolos e planos de ações. Ao final da década de 1980 e meados da década de 1990, os aspectos sustentáveis começaram a se voltar para a construção civil trazendo novos conceitos, destacando o impacto ambiental gerado pelo crescimento da população, o crescimento das cidades e sua demanda por infraestrutura e recursos (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992 (ECO 92) e das interpretações da Agenda 21 provenientes desse encontro, surgiram os planos de ação voltados para inserção da sustentabilidade nas construções. Inicia-se, em 1993, nos países desenvolvidos, um movimento que busca definir e implementar o conceito de construção sustentável, levando à Primeira Conferência Internacional sobre Construção Sustentável, em 1994, em Tampa, na Flórida, onde diversas propostas foram feitas com o intuito de definir o conceito de

construção sustentável (PINHEIRO, 2006). Nesta conferência, Kibert apresenta a definição do conceito de construção sustentável como sendo a criação e operação de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente dos recursos e no design ecológico (PINHEIRO, 2006; KIBERT, 2007; XIAOPING *et al*, 2009).

Nesse mesmo evento foram estabelecidos sete princípios da construção sustentável a serem utilizados na tomada de decisão nas fases de projeto e processos construtivos: 1) Reduzir o consumo de recursos (redução); 2) Reutilizar os recursos (reuso); 3) Usar recursos recicláveis (reciclagem); 4) Proteger os sistemas naturais (meio ambiente); 5) Eliminar os materiais tóxicos (tóxicos); 6) Aplicar o custo do ciclo de vida (econômico); 7) Focar na qualidade (qualidade). Estes princípios devem ser considerados em todo o ciclo de vida da edificação, considerando como recursos primordiais para o desenvolvimento de um ambiente o terreno, os materiais, a energia, a água e os ecossistemas (KIBERT, 2007).

As construções tradicionais tem suas preocupações focadas em custo, qualidade e tempo, buscando maior produtividade, menor custo e menos tempo gasto na construção. De acordo com Colaço (2008), a construção sustentável visa equacionar a concepção, a construção, a operação e a demolição. Incluem-se a esses elementos as preocupações ambientais referentes ao consumo de recursos, emissões de poluentes, saúde e biodiversidade, formando um pensamento novo que tem como desafio contribuir para a qualidade de vida, para o desenvolvimento econômico e a equidade social, como pode ser observado na Figura 5.



**Figura 5** - Evolução das preocupações no setor da construção civil.

Fonte: Pinheiro, 2006. Adaptado de Bourdeau, *et al*, 2000.

McDonough e Braungart (2003) destacam que o “desenvolvimento sustentável” para existir deve ser completo, ressaltando que o que vem da natureza deve voltar para ela.

Ressaltam também que isso é praticamente impossível, uma vez que desenvolvimento representa algo crescente, infinito, e o ecossistema do planeta é finito. Para tanto, uma construção sustentável deve utilizar a política dos “Rs”: “Respeito a si mesmo e ao próximo; Responsabilidade por suas ações; Reduzir o consumo e o desperdício, Reutilizar materiais, Reciclar e Replanejar” (DIAS, 2002), na busca pelo melhor aproveitamento dos recursos e redução da geração e descarte inadequado de resíduos, amenizando os impactos ambientais, gerando um ciclo, buscando reutilizar todo o resíduo gerado, tornando os materiais infinitos.

Otto (1982), Rovers (2003) e Kibert (2005) afirmam que construção sustentável é aquela pensada e realizada de modo responsável durante todo o seu processo, passando pela concepção, planejamento, construção, manutenção até sua demolição. Para ser considerada sustentável, a construção precisa, também, abordar os aspectos sociais, econômicos, ambientais e culturais referentes à sua concepção, produção, operação e mudanças ambientais (FOSSATI *et al*, 2005), respeitando a cultura e o contexto no qual o projeto será realizado e inserido (BALL, 2002).

Implantar sustentabilidade requer salientar a importância do fortalecimento dos sistemas de aprendizagem, onde as coisas se tornam possíveis por meio da educação (DIAS, 2002; SACHS, 2002; MCDONOUGH e BRAUNGART, 2003), considerando a educação moral e ética, mudanças de hábitos, valores e princípios voltados ao meio ambiente. Para tanto, o sistema de aprendizagem deve complementar a sustentabilidade assim como a tomada de decisões precisa estar de acordo com os aspectos culturais das comunidades envolvidas (GEHLEN, 2008), conforme ilustra a Figura 6.



**Figura 6** - Sustentabilidade aplicada.  
Fonte: Adaptado de Gehlen, 2008.

Desta forma, a construção sustentável deve ser interpretada de acordo com as dimensões ambiental, social, econômica, educativa e cultural, vistas como ações que geram mudanças, de acordo com o Quadro 4. Construção sustentável trata-se, portanto, da aplicação equilibrada entre essas dimensões, como elementos estratégicos para se atingir a sustentabilidade. As questões culturais destacam-se em relação às demais, pois relaciona as outras, definindo as tomadas de decisões, aplicando todos os aspectos referentes à sustentabilidade.

**Quadro 4** - Construção Sustentável - Responsável nas suas diversas dimensões.

<b>Construção Sustentável – Responsável</b>	
<b>Econômico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da lucratividade e produtividade;</li> <li>• Melhor qualidade dos produtos;</li> <li>• Uso mais eficiente e racional dos recursos, incluindo mão-de-obra, materiais, água e energia.</li> </ul>
<b>Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar os impactos ambientais e os acidentes ambientais potencialmente irreversíveis;</li> <li>• Uso racional de recursos naturais;</li> <li>• Redução e gestão de resíduos;</li> <li>• Proteção de fauna e flora;</li> <li>• Melhoria do meio ambiente.</li> </ul>
<b>Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responder às necessidades das pessoas envolvidas em todos os estágios do processo de construção (desde o planejamento até sua demolição);</li> <li>• Prover a satisfação do cliente e do usuário;</li> <li>• Trabalhar junto com os clientes, os fornecedores, os funcionários e a comunidade local;</li> <li>• Atender questões trabalhistas e de saúde (segurança do trabalho).</li> </ul>
<b>Educacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoção da educação ambiental;</li> <li>• Incentivo ao avanço técnico e a passar adiante conhecimentos adquiridos;</li> <li>• Implantação de ferramentas que fortalecem o sistema de aprendizagem na cadeia produtiva;</li> <li>• Agregar e passar valores.</li> </ul>
<b>Cultural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respeito aos valores locais;</li> <li>• Respeito ao próximo;</li> <li>• Entendimento da necessidade de agir de modo ambientalmente correto reduzindo o consumo de materiais e reciclando os resíduos, agir de forma socialmente justa perante a sociedade e ao meio ambiente evitando sua degradação em massa e pensando nas gerações futuras, economicamente viável visando o não desperdício;</li> <li>• Promover a disseminação de conhecimentos de maneira contínua</li> <li>• Mudança de paradigmas.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Gehlen, 2008.

### 3.4 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

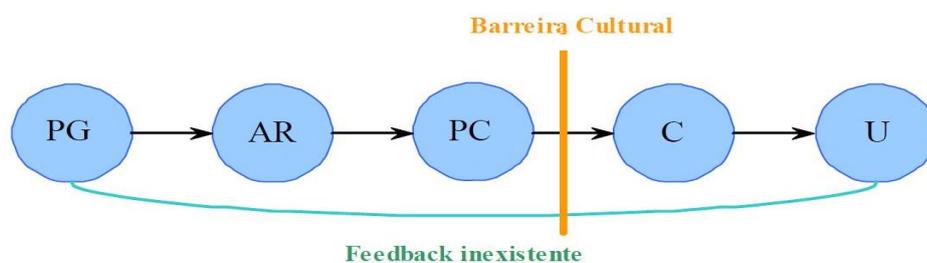
Os resíduos sólidos advindos de processos de construção e demolição (RSCD) são responsáveis por problemas de cunho ambiental, social e econômico enfrentados pelas cidades e pela sociedade, onde destaca-se, ainda, o descaso e a ausência de políticas públicas responsáveis pela coleta desses resíduos. Destaca-se, assim, a necessidade de dar outras soluções para os resíduos gerados na construção civil como reciclagem e a reutilização de produtos na própria obra (BLUMENSCHHEIN, 2004).

Para a minimização dos impactos causados por esses resíduos é preciso tomar medidas para quantificar o volume de resíduos gerados, como são gerados, acondicionados, coletados e dispostos, sua utilização e destinação final (CHERMONT, MOTTA 1996).

#### 3.4.1 Complexidades inerentes ao processo construtivo

O processo construtivo é definido como sendo a produção de um determinado empreendimento, desde a tomada de decisão até sua ocupação, relacionando ao planejamento, gerenciamento, projeto, construção e comercialização, agrupando materiais, ferramentas e mão-de-obra a fim de desenvolver e executar um certo produto (BLUMENSCHHEIN, 2004).

Um problema que a indústria britânica enfrentava, por exemplo, na década de 1970, era a dificuldade de comunicação entre os envolvidos, refletindo em atrasos e altos custos dos processos. Essas são características de um processo de produção linear, tradicional, como esquematizado na Figura 7. Cada etapa e equipe trabalham de forma isolada, não havendo comunicação e troca de informações entre elas, o que impossibilita evitar falhas, erros e retrabalhos antes do início da edificação (BLUMENSCHHEIN, 2004). Isso ocorre no tempo presente em grande parte das construções brasileiras, onde os processos são realizados de forma independente, não havendo integração entre eles, prejudicando o andamento do conjunto, não seguindo os princípios sustentáveis da construção.



**Figura 7** - Processo construtivo tradicional.

Fonte: Blumenschein, 2004.

**PG** - Programa de Necessidades; **AR** - Projeto de Arquitetura; **PC** - Projetos Complementares; **C** - Construção; **U** - Utilização.

### 3.4.2 Estratégias e ferramentas para a gestão de resíduos

Estratégia é construir uma série ou conjunto de ações para atingir determinado objetivo (maneira como se organiza os recursos para atingir determinado fim). Planejamento estratégico consiste na gestão que atua em processo, onde o processo muda e o projeto não. Existem inúmeras ferramentas que contribuem para o processo de desenvolvimento de ações com princípios sustentáveis na indústria da construção, apresentando caráter ambiental, social, econômico e cultural.

#### 3.4.2.1 *Benchmarking*

Ferramentas variam sua aplicação, podendo ser classificadas como de gestão no caso de certificações de edificações sustentáveis, ou analíticas, onde se pode destacar indicadores e gráficos, ou seja, ferramentas usadas no levantamento de um problema ou de dados. Os *benchmarking* destacam-se como ferramentas de sistemas de gestão e análise do ciclo de vida, usados para comparar o desempenho de atividades de acordo com parâmetros estabelecidos sem estabelecer metas de desenvolvimento, sendo útil como instrumento de análise da situação do momento do processo.

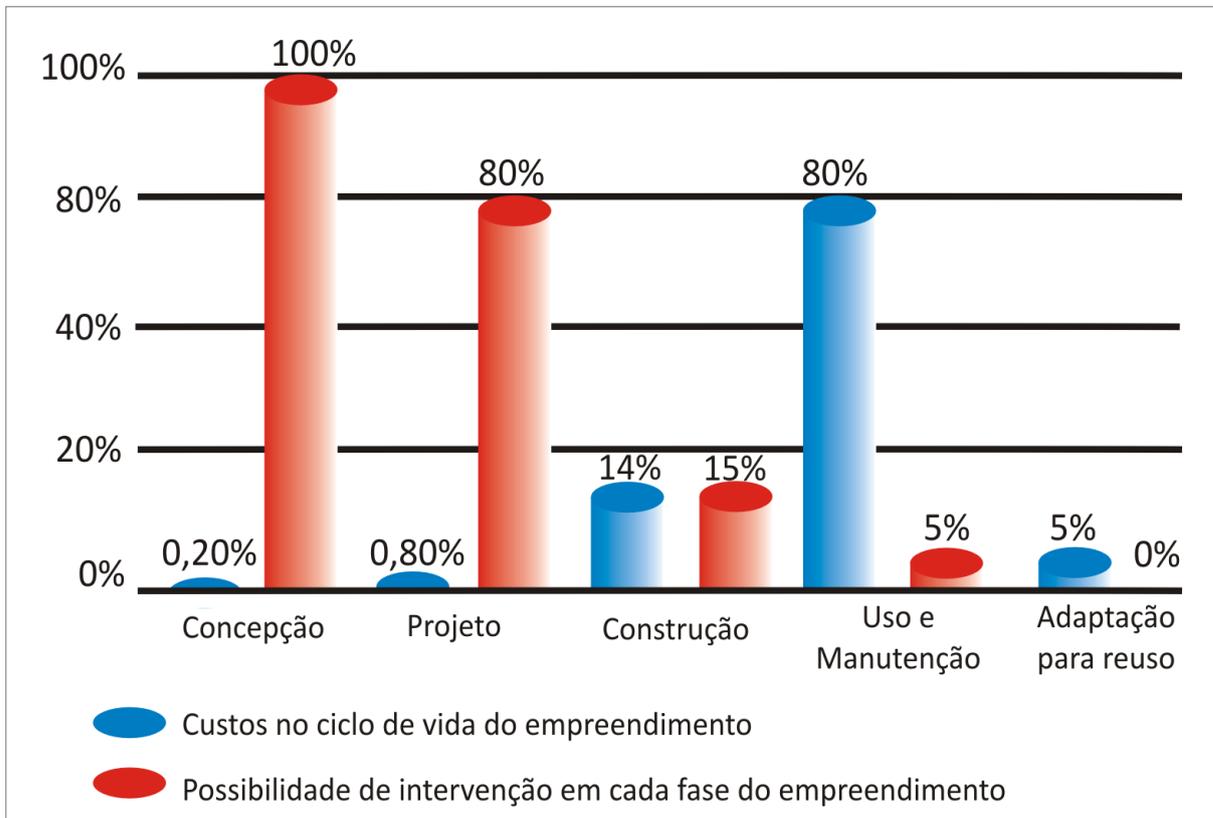
#### 3.4.2.2 Avaliação do ciclo de vida (ACV)

O conceito de Análise do Ciclo de Vida (ACV ou LCA - *Life Cycle Analysis*) surgiu na década de 1990 na Europa e América do Norte com o objetivo de cumprir as metas estabelecidas na ECO 92 (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2006). Refere-se a todas as etapas relacionadas a um material ou produto, desde a extração de matérias-primas até a disposição final, determinando seu desempenho ambiental. O ciclo de vida de um edifício contempla as etapas de idealização e planejamento, concepção de projeto, construção e implantação da edificação, uso e operação, e requalificação e demolição, mais detalhadas no Anexo 2, estabelecidas pela ISO14000, que aborda a gestão ambiental dos sistemas.

A etapa de idealização e planejamento é responsável pelo ciclo de vida do edifício. Nesta etapa devem ser tomadas as decisões necessárias para que o processo de construção e ocupação ocorra de maneira eficiente, pois é nessa fase que devem ser estabelecidas as ações que interferem no custo total do edifício. Caso não sejam realizadas nesse momento podem levar a um retrabalho após o início da obra.

Ações sustentáveis devem estar presentes em todas as etapas de um empreendimento. No entanto, apresentam variações com relação a fase implantada. Ceotto

(2008) apresenta, para um edifício com ciclo de vida de 50 anos, os custos das interferências em cada fase do empreendimento e as possibilidades de intervenção em um empreendimento, conforme ilustrado pela Figura 8, apresentando que as fases de concepção e planejamento tem os menores custos e as maiores possibilidades de intervenção com foco na sustentabilidade.



**Figura 8** - Características das fases do empreendimento comercial tradicional.  
Fonte: Adaptado de Ceotto, 2008.

A indústria da construção deve repensar sua forma de desenvolver as construções. É preciso destacar a importância da fase de concepção e não buscar resolver todos os problemas na fase de canteiro e execução, fazendo da fase de planejamento do empreendimento o momento para contemplar todos os possíveis impactos incorridos durante o ciclo de vida das edificações, proporcionando melhorias significativas à construção.

Entretanto, Arena (2005) destaca que além das considerações gerais relativas ao empreendimento é preciso fazer intervenções pontuais e específicas para a aplicação da ACV na construção civil, como o gasto de energia durante a execução e pela sua vida útil. Destaca também a dificuldade existente de realizar o inventário do edifício, onde muitas vezes os materiais especificados não são os mesmo aplicados, não executando conforme o projetado e estabelecido na fase de concepção, fugindo do controle do gestor da obra.

### 3.5 SUSTENTABILIDADE APLICADA AO CANTEIRO DE OBRA

#### 3.5.1 Planejamento de canteiro de obra

O planejamento de um canteiro de obra consiste em definir o *layout* e a logística das instalações provisórias e de segurança, os fluxos e o armazenamento de materiais, bem como o arranjo físico das áreas de trabalho e seus equipamentos e trabalhadores, além dos materiais e sua estocagem (FRANKENFELD, 1990).

O planejamento logístico propõe a infraestrutura necessária para a execução das atividades no canteiro. Já o processo de planejamento busca utilizar de forma satisfatória o espaço físico disponível, proporcionando segurança e eficiência de trabalho aos funcionários e equipamentos, reduzindo as movimentações e fluxos de materiais e mão-de-obra.

Para o planejamento correto de canteiro, Tommelein (1992) define duas categorias de objetivos a serem determinados, dentre os quais:

- objetivos de alto nível: promover operações eficientes e seguras, fornecendo condições de trabalho, como conforto e segurança do trabalho, assim como a preocupação com o aspecto visual, como a limpeza do canteiro, e motivação dos trabalhadores;
- objetivos de baixo nível: reduzir distâncias de transporte, tempo de movimentação de mão-de-obra, materiais e equipamentos, evitando interrupções no fluxo.

De acordo com Illingworth (1993), os canteiros são divididos em restritos, amplos e longos e estreitos. O Quadro 5 detalha cada um destes tipos.

**Quadro 5** - Tipos de canteiro.

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
<b>Restritos</b>	A construção ocupa o terreno completo ou uma alta porcentagem deste. Acessos restritos.
<b>Amplos</b>	A construção ocupa somente uma parcela relativamente pequena do terreno. Há disponibilidade de acessos para veículos e de espaço para as áreas de armazenamento e acomodação de pessoal.
<b>Longos e estreitos</b>	São restritos em apenas uma das dimensões, com possibilidade de acesso em poucos pontos do canteiro.

Fonte: Adaptado de Illingworth, 1993.

As edificações tendem, em sua maioria, a utilizar a maior parte possível do terreno (canteiro restrito) devido o elevado custo dos terrenos, e de acordo com Illingworth (1993), esse tipo de canteiro exige preocupação maior em seu planejamento em relação aos demais.

Assim, a melhor forma de utilizar bem o espaço do terreno é utilizando o térreo para locação de instalações provisórias e de armazenamento, facilitando os acessos de veículos e pessoas, e longo prazo de existência das instalações realizadas.

O planejamento do canteiro apresenta etapas de coleta de dados, avaliação do planejamento, elaboração de croquis do *layout*, padronização de instalações e manutenção da organização dos canteiros com base nos princípios do Programa 5S (AMARAL, 2009).

O planejamento de canteiro deve ser realizado utilizando um procedimento sistematizado, dividido em cinco etapas básicas, presentes no Anexo 3. A primeira etapa é a de análise preliminar, que envolve a coleta e análise de dados, antecedendo a execução das demais etapas, a segunda é a etapa de definição do arranjo físico geral, a terceira de arranjo físico detalhado, a quarta de detalhamento das instalações, e a quinta de cronograma de implantação (AMARAL, 2009).

Analisar a planta de *layout* é importante para verificar e eliminar possíveis problemas futuros, localizando de forma correta as instalações, evitando o excesso de cruzamentos de fluxo em determinada área. Para a elaboração da planta de *layout* é preciso definir o perímetro dos pavimentos, localizar as estruturas que interfiram na circulação de materiais ou pessoas, acessos de entrada e saída, localização de árvores e instalações provisórias, locais de armazenamento de materiais, depósito de resíduos, localização de todos os equipamentos e postos de trabalho e linhas de fluxo principais (NABACK, 2008). Segundo Moore (1962), para que um projeto de *layout* seja considerado eficiente deve satisfazer todas as partes envolvidas, minimizando custos por meio da movimentação de materiais, alta rotatividade de trabalho, utilizar bem o espaço dando segurança ao trabalhador.

O *layout* do canteiro deve ser elaborado simultaneamente aos demais projetos, considerando as necessidades do canteiro de obra. Assim, evita-se o que ocorre na maioria das vezes, onde o projeto de canteiro surge como consequência dos projetos executivos.

### **3.5.2 Programa de manutenção da organização do canteiro**

Canteiros de obras costumam ser locais sujos e desorganizados em decorrência do processo produtivo e da mão-de-obra pouco qualificada. Para reverter essa realidade é possível implantar o Programa 5S, que tem como base a implantação de cinco práticas para os envolvidos na obra: descarte (*seiri*), ordem (*seiton*), limpeza (*seiso*), asseio (*seiketsu*) e

disciplina (*shitsuke*), que visam estabelecer nos empreendimentos um ambiente propício à implantação de programas de qualidade (AMARAL, 2009), detalhados no Anexo 4.

Para a aplicação do programa 5S à organização dos canteiros, é preciso implantar determinadas diretrizes. É preciso definir critérios objetivos de avaliação, listando os itens a serem avaliados juntamente com seus critérios de avaliação que apresentem um grau de exigência satisfatório para o objetivo que foi proposto, e também, estabelecer avaliações periódicas por membros externos à obra (AMARAL, 2009).

#### 3.5.2.1 Estratégias para o planejamento do canteiro

Para a implantação das instalações provisórias no canteiro, os custos com a aquisição de materiais e sua implantação devem ser considerados, assim como a durabilidade do material empregado, a facilidade da implantação e retirada dessas instalações antes do início da obra e depois ao final dela, e a eficiência no isolamento térmico (AMARAL, 2009), visando qualidade e conforto.

De acordo com a definição da NR-18 (BRASIL, 1995), as áreas de vivência como refeitório, vestiário e área de lazer devem constar em um canteiro de obra para atender às necessidades dos trabalhadores. Estas devem ser locadas separadamente das áreas laborais, sendo ocupadas em horários específicos (AMARAL, 2009).

As áreas de apoio como almoxarifado e escritório, de acordo com Amaral (2009) compreendem instalações que desempenham funções de apoio à produção e são nelas que os trabalhadores permanecem por mais tempo durante a jornada de trabalho. Estas devem estar distribuídas da melhor forma possível dentro do canteiro, mantendo a proximidade com os funcionários, devido ao elevado número de acessos a esses ambientes durante a obra. Se áreas afins encontrarem-se distante uma das outras, e dos postos de trabalho, dificultará o trabalho, apresentará uma perda de tempo da mão-de-obra, podendo acarretar em perdas de materiais e geração de resíduos. O almoxarifado, por exemplo, se alocado longe do lugar de trabalho, despenderá um tempo maior do trabalhador para ir até lá e pegar o material para levar até o lugar onde há necessidade, podendo assim ocorrer perdas deste material pelo caminho.

Sendo assim, os elementos de um canteiro de obra devem ser dispostos de forma que fiquem próximos aos elementos que se interagem entre si ou que haja dependência entre eles, como, por exemplo, o almoxarifado que armazena e controla o fluxo de materiais e ferramentas, devendo localizar-se próximo ao ponto de descarga de caminhões, elevador de carga e escritório, facilitando o transporte do material e o controle de entrada e saída.

### 3.5.2.2 Projeto de *layout* de canteiros de obras

Os princípios para a elaboração do projeto de *layout* são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Princípios básicos para a elaboração de um projeto de *layout*.

<b>PRINCÍPIOS BÁSICOS</b>	
<b>Economia do movimento</b>	Diminuir os deslocamentos dos operários no transporte de materiais, máquinas e equipamentos
<b>Fluxo progressivo</b>	Direcionar o fluxo de produção sempre no sentido do produto acabado
<b>Flexibilidade</b>	Propiciar ao conjunto produtivo opções e facilidades de mudança posteriores a implantação do projeto de <i>layout</i>
<b>Integração</b>	Integrar as células produtivas no sentido do inter-relacionamento, tornando-as parte do mesmo organismo
<b>Uso do espaço cúbico</b>	Conhecer as necessidades de espaço nos vários planos e usar, caso necessário, superposições de planos de trabalho
<b>Satisfação e segurança</b>	Motivar os operários e melhorar as condições de higiene e segurança do trabalho

Fonte: Adaptado de Elias, 1998.

O fluxo de materiais e trabalhadores deve ser considerado em conjunto com todas as atividades do canteiro, considerando a possibilidade de interferência desses fluxos evitando que isso aconteça, gerando uma melhor movimentação. A partir das relações de fluxo é possível desenvolver o projeto de *layout* e o fluxograma do canteiro. Deve-se considerar nesse momento a relação de equipamentos e materiais afins.

Para projetos de *layout* de canteiros de obras os equipamentos são listados e é verificada a área necessária para cada um assim como a área de trabalho do operador e colocação dos materiais. Dimensionados os espaços necessários para cada departamento, esses são organizados de acordo com os espaços disponíveis no canteiro de obra.

Todos esses pontos citados serão analisados no canteiro de obra do Maracanã, verificando se o *layout* implantado propicia um melhor funcionamento da obra evitando perdas de materiais. Será feita a análise dos fluxos, inter-relações de materiais e equipamentos, espaço para cada atividade e relação de espaços afins. Não serão atentados valores referentes a área para cada atividade e tempo demandado para cada atividade. Esta análise será feita com base em dados físicos levantados na obra e analisados por meio de mapas e observações no local.

#### 4 CERTIFICAÇÕES COMO INSTRUMENTO PARA A SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Com a criação do certificado *Der Blaue Engel*<sup>2</sup> na Alemanha, em 1978, surgiram as iniciativas voltadas para a certificação ambiental de produtos, objetivando facilitar a identificação, pelo consumidor, de produtos menos agressivos ao meio ambiente. No entanto, devido a grande quantidade de materiais presentes na construção de um edifício, essa certificação não apresentou melhoras no processo (BALL, 2002).

O surgimento de produtos ecoeficientes a partir da década de 1970 nos países desenvolvidos impulsionou a construção dos *green buildings* (construções verdes), mas não havia uma ferramenta de classificação de desempenho entre os empreendimentos. Surge então a necessidade de identificar os projetos que apresentavam desempenho ambiental elevado com relação aos demais, buscando eliminar a prática do *greenwashing*<sup>3</sup> (GEHLEN, 2008).

O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), a primeira certificação de edifícios verdes, surgiu na Inglaterra em 1990 (BALDWIN *et al*, 1990), buscando introduzir no setor construtivo o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias e ações que apresentassem menor consumo energético em edifícios de menor impacto ambiental no mercado. Esta certificação visou também incentivar o uso de boas práticas ambientais no projeto, gestão e manutenção; definiu critérios e padrões além dos exigidos por lei; e se preocupou, também, em conscientizar os ocupantes, os projetistas e funcionários quanto aos benefícios dos edifícios que apresentam menor impacto ambiental (SILVA, 2003).

Depois do *start* dado pela Inglaterra, demais países desenvolveram certificações próprias de avaliação ambiental de edifícios. Destaca-se entre eles o norte-americano LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), lançado em 1999, e o francês HQE (*Association pour la Haute Qualité Environnementale*), que foi apresentado em 2005 (OLIVEIRA, 2011). O Quadro 6 mostra as diversas certificações existentes e seus países.

As certificações não buscam comprovar a qualidade e o desempenho ambiental das construtoras, mas sim das edificações, onde através de práticas sustentáveis é possível propiciar ao empreendimento, por elas desenvolvido, desempenho ambiental (DEGANI, 2005

---

<sup>2</sup> O Anjo Azul. Primeiro e mais conhecido selo ambiental do mundo.

<sup>3</sup> *Greenwashing* ou ‘verniz verde’ é o termo utilizado para denominar produtos com baixo desempenho ambiental, que apresentam alguns elementos ecológicos e que são vendidos como ambientalmente corretos.

apud GEHLEN, 2008). As práticas estabelecidas pelas certificações determinam atender a legislação e demonstrar melhor desempenho que as práticas usuais de mercado, objetivando comprometimento de todos os envolvidos na construção (GEHLEN, 2008).

**Quadro 6** - Certificações de *Green Buildings* pelo mundo.

<b>AQUA</b>	Brasil	<b>BREEAM</b>	Reino Unido
<b>CASBEE</b>	Japão	<b>ECO EFFECT</b>	Suécia
<b>ECOQUANTUM</b>	Holanda	<b>EEWH</b>	Taiwan
<b>EKO PROFILE</b>	Noruega	<b>GBCS</b>	Coréia do Sul
<b>GREEN STAR</b>	Austrália	<b>DGNB</b>	Alemanha
<b>HK BEAM</b>	Hong Kong	<b>HQE</b>	França
<b>ITACA</b>	Itália	<b>LEED</b>	Estados Unidos
<b>LIDERA</b>	Portugal	<b>PROMISSE</b>	Finlândia
<b>TERI-GRIHA</b>	Índia	<b>SBAT</b>	África do Sul
		<b>VERDE</b>	Espanha

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2011.

#### 4.1 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS E A CONSTRUÇÃO CIVIL

Para a obtenção de obras sustentáveis é preciso evidenciar a importância do processo de projeto e execução de um empreendimento, abrangendo questões como os aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais para viabilizá-lo de modo sustentável, pois internalizando boas práticas adquire-se responsabilidade na busca do desenvolvimento sustentável.

No Brasil, tem-se como certificações de sistemas de gestão as séries ISO 9001 e a ISO 14001, da *International Standards Organization*, o PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), SA 8000, da *Social Account Ability*, e OHSAS 18001, da *Occupational Health and Safety Assessment Series*.

Entre os sistemas desenvolvidos por organizações não governamentais internacionais voltados para certificações de edifícios verdes, foi analisada e destacada durante a pesquisa a certificação importada pelo mercado imobiliário brasileiro e que vem se consolidando e destacando entre as construções brasileiras: a certificação LEED.

#### 4.2 INICIATIVAS VERDES NO BRASIL

O Brasil não possui um sistema de avaliação de edifícios nacional. O que se tem são o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal e o Sistema Procel Edifica. O Selo

Casa Azul da Caixa foi lançado em junho de 2010 como o primeiro sistema brasileiro de classificação de sustentabilidade na construção habitacional de projetos desenvolvidos para a realidade nacional, com o objetivo de reconhecer e incentivar projetos que apresentem contribuições para a redução de impactos ambientais, abrangendo 53 critérios referentes a projeto e conforto, eficiência energética, gestão da água, conservação de recursos materiais, qualidade urbana e práticas sociais (CEF, 2010). O objetivo do selo e de seu manual, que detalha cada critério, é dar suporte aos projetistas e empreendedores com estratégias adaptadas para a realidade habitacional do país e na incorporação dessas ações no programa do empreendimento como opções de escolha na adoção de ações socioambientais (LABEEE, 2010). No entanto, este selo é unicamente para habitações, restringindo sua aplicação no país.

O Procel Edifica é outra forma de etiquetagem de edifícios que classifica o nível de sua eficiência energética. O empreendimento é agraciado com a etiqueta na fase de projeto e ao final da construção. O Procel Edifica contempla todos os tipos de edificações, restringindo-se a apenas três itens de classificação que são envoltória, iluminação e condicionamento de ar, itens estes voltados para a eficiência energética do edifício, não certificando, assim, todos os itens de uma construção civil. As etiquetas são emitidas pelo Programa Procel Edifica, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE – UFSC/ Certi), do Ministério de Minas e Energia/Eletronbras e o processo de etiquetagem dos edifícios é feito sob coordenação do Inmetro (LABEEE, 2010).

O Brasil não possui uma certificação ambiental de edificações própria. No entanto, atuam no mercado brasileiro da construção civil dois sistemas internacionais de avaliação ambiental de edificações, o LEED e o HQE. O HQE foi adaptado para o Brasil e denominado AQUA (Alta Qualidade Ambiental). Esses se diferenciam das ISO 9001, ISO 14001, PBQP-H, SA 8000, e OHSAS 18001 por serem certificações completas no que diz respeito à preocupação com o meio ambiente, sociedade e economia do processo construtivo, e não apenas com qualidade de processo como as demais.

#### 4.3 ALTA QUALIDADE AMBIENTAL (AQUA)

De acordo com Cardoso (2007), o AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é um processo de gestão de projeto que objetiva a qualidade ambiental de um empreendimento. Considerado o primeiro certificado brasileiro para construções sustentáveis, baseia-se na certificação francesa HQE (*Haute Qualité Environment*), traduzida e adaptada para a realidade brasileira pela Fundação Vanzolini, juntamente com o Departamento de Construção

Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e o *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB) (FERNANDES, 2008).

A certificação AQUA divide-se em duas categorias: Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), buscando destacar a preocupação que o mercado deve ter com o planejamento como um todo para a geração de edificações sustentáveis.

O AQUA apresenta 14 categorias, conforme Figura 9, divididas em “Impactos ambientais externos” e “Espaço sadio e confortável”, que apresentam como subdivisões “eco-construção”, “eco-gestão”, “conforto” e “saúde”. A descrição ambiental desejada de cada um desses itens pode ser definida pelo empreendedor como: bom, superior ou excelente, obtendo três pontos, no mínimo, com nível "excelente" e no máximo sete pontos com nível "bom", preocupando-se, também, com o consumo de energia e de água, além da poluição do solo, do ar e da água. Destaca-se nessa certificação o fato do empreendedor poder escolher o desempenho das categorias às quais irá atender, o que gera a flexibilidade do sistema com a ausência de soluções pré-determinadas, tendo como objetivo o resultado final, mostrando que ações isoladas não geram sustentabilidade ao processo (GEHLEN, 2008).



**Figura 9** - Categorias avaliadas pelo AQUA.  
Fonte: Gehlen, 2008.

O empreendimento é contemplado com o certificado em três momentos, sendo estes a fase referente ao Sistema de Gestão do Empreendimento, certificando o plano, a de Concepção de Projetos, verificando se está de acordo no SGE, e a última é a de Realização da Construção, estando essa de acordo com as fases anteriores. As certificações são interligadas, sendo liberada se a fase anterior for certificada.

#### 4.4 LEED - LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN

A busca do mercado brasileiro por certificações de edificações verdes como o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) aponta a busca pela construção sustentável. O LEED é uma certificação voltada para edifícios sustentáveis, desenvolvida e outorgada pelo *U.S. Green Building Council* (USGBC). Foi criado em 1993 com o objetivo de definir e estabelecer padrões de sustentabilidade em construções. Está presente em 41 países, inclusive no Brasil, através do *Green Building Council Brasil* (GBC Brasil) (GBC BRASIL, 2011). A primeira versão do LEED foi apresentada em 1999, sendo atualizada a cada 3 ou 4 anos, encontrando-se na quarta revisão lançada em 2012, chamada de LEED V. 4.

De acordo com o *Ranking* de países com mais processos em certificação LEED no mundo, o Brasil encontra-se em quarto lugar com 343 processos em andamento e com 35 edifícios certificados (USGBC, 2011).

A certificação busca o desenvolvimento de projetos que atentem para princípios sustentáveis como a redução da poluição, economia de energia e água, e a utilização de materiais reciclados. Elaborado pelo USGBC, apresenta critérios com base em parâmetros construtivos norte-americanos, voltados para o mercado e com relevante reconhecimento internacional (CASADO, 2008).

O processo de certificação LEED consiste no cumprimento de ações estabelecidas pela certificadora para a obtenção do selo de edificação sustentável. Para tanto, o processo consiste, em um primeiro momento, solicitar a certificação na Plataforma LEED *Online*, referente ao seu tipo de empreendimento. Em seguida, a edificação cadastrada passa pelo processo de avaliação do *Green Building Council* (GBC), onde é feito um acompanhamento da obra desde a fase de projeto, passando pela fase de obra até a verificação do empreendimento finalizado, com orientações de como proceder para atingir pontos para a obtenção da certificação.

O LEED é dividido em categorias, os chamados *Rating System*<sup>4</sup>, certificando alguns empreendimentos, tais como: LEED NC - Novas construções e grandes projetos de renovação; LEED EB – Edifícios existentes; LEED CI – Projetos de interiores e edifícios comerciais; LEED CS – Projetos da envoltória e parte central do edifício; LEED *for Homes* – Residências (ainda não disponível no Brasil); LEED *Schools* – Escolas; LEED ND –

---

<sup>4</sup> *Rating system* são grupos de requisitos que identificam e separam os projetos que desejam obter a certificação LEED. Cada grupo é orientado para as necessidades específicas de um projeto ou tipo de construção.

Desenvolvimento de bairros (em desenvolvimento com um piloto no Brasil); LEED *Retail* – Lojas (em desenvolvimento); e LEED *Hospitals* – Hospitais (GBC BRASIL, 2011).

Os seus critérios de avaliação estão divididos e relacionados pelas categorias: Terreno sustentável (SS); Eficiência do uso da água (WE); Energia e Atmosfera (EA); Materiais e Recursos (MR); Qualidade ambiental interna (EQ); Inovação e Processos (IN); e Prioridades Regionais (RP). A categoria adicional “Prioridades Regionais” trata das características prioritárias a serem consideradas em cada região, não relacionadas nas categorias anteriores (GBC BRASIL, 2011).

A pontuação é determinada pela quantidade de créditos atendidos, podendo atingir os selos: Certificado, Prata, Ouro ou Platina, conforme Tabela 2. Deve-se atender obrigatoriamente os pré-requisitos. Para pontuar é preciso cumprir os créditos estabelecidos e para certificar deve-se obter uma pontuação mínima. A Tabela 3 apresenta a pontuação possível e a quantidade de pré-requisitos e créditos referentes ao LEED NC V.3 – Novas Construções e grandes projetos de renovação (versão utilizada no objeto de estudo de caso).

**Tabela 2 - Pontuação necessária LEED NC.**

<b>Certificados</b>	<b>Pontos Necessários</b>
Platina	80 a 110 – 75%
Ouro	60 a 79 – 56%
Prata	50 a 59 – 48%
Certificado	40 a 49 – 38%

Fonte: Adaptado de Casado, 2008.

**Tabela 3 - Categorias e Pontuação LEED NC V.3 – Novas Construções e grandes projetos de renovação.**

<b>Categoria</b>	<b>Pré-requisitos</b>	<b>Créditos</b>	<b>Pontos Possíveis</b>	<b>%</b>
Terreno Sustentável (SS)	1	14	26	23,63
Uso racional da água (WE)	1	6	10	9,09
Energia e Atmosfera (EA)	3	30	35	31,81
Materiais e Recursos (MR)	1	14	14	12,72
Qualidade Ambiental Interna (EA)	2	15	15	13,63
Inovação e Processos (IN)	0	6	6	5,45
Prioridades Regionais	0	4	4	3,63
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>89</b>	<b>110</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado de Casado, 2008.

Para receber a certificação LEED, os quesitos que um empreendimento deve seguir acompanham todo seu desenvolvimento, passando por concepção, construção, operação e descarte de resíduos no pós-uso. São ao todo 110 pontos. Atingindo a pontuação mínima de 40 pontos e os 7 pré-requisitos, o empreendimento receberá a certificação LEED. A pontuação é aferida quando do cumprimento de um determinado crédito dentro de determinada categoria, de acordo com a pontuação equivalente a cada crédito, não havendo relação de peso entre eles e sim pontos referentes à sua relevância e grau de dificuldade.

O sistema concede pontos para o atendimento de critérios pré-estabelecidos, organizados em cinco categorias ambientais: terreno sustentável; eficiência do uso da água; energia e atmosfera; materiais e recursos; e qualidade ambiental interna. Há uma categoria adicional, “Inovação em projeto”, que pontua práticas inovadoras, em até seis pontos extras, não contempladas nas cinco categorias. Além disso, a penúltima versão do LEED, versão 3.0, introduziu pontos de bônus regional, em até 4 pontos extras, que valorizam as melhores práticas ambientais de construção e projeto, peculiares de cada região (USGBC, 2009).

Por meio dos conselhos regionais da USGBC nos Estados Unidos, identificaram-se questões ambientais específicas em diferentes locais do país. Quatro pontos extras foram destinados à priorização de características locais, onde cada requisito de prioridade regional soma um ponto (USGBC, 2009). Os requisitos avaliados presentes nas cinco categorias e o percentual de pontos possíveis de cada uma delas, em uma escala de 100 pontos, são apresentados no Quadro 7, para o sistema LEED-NC V.3. Os pontos de renovação em projeto e prioridade regional somam mais 10 pontos extras.

Dentre os critérios listados, percebe-se que as preocupações estão concentradas em Energia e Atmosfera, Terreno Sustentável e na gestão de Materiais e Recursos. Observa-se também que existem categorias de maior peso que as relacionadas à gestão dos resíduos da construção e aproveitamento de materiais, como eficiência energética.

O processo de aprendizagem voltado para a educação ambiental e a aplicação de treinamentos não estão presente de forma documentada, com treinamento e disseminação do conhecimento entre os envolvidos na construção civil. No entanto, essa preocupação acaba sendo incorporada à obra para que possam ser cumpridos os créditos propostos pela certificação, pois a mão-de-obra deve ser capacitada para efetuar determinadas ações. Críticas são feitas ao modo como os itens são descritos por caracterizarem uma padronização de soluções de projeto, pontuando itens que na maioria das vezes não se adéquam à realidade local.

**Quadro 7 -** Categorias e requisitos LEED *for New Construction and Major Renovations* (LEED-NC) Versão 3.

<b>Categorias</b> (% dos pontos)	<b>Requisitos Avaliados</b>
<b>Terreno sustentável</b> (26%)	<u>Pré-requisito:</u> Prevenção da poluição nas atividades de construção <u>Requisitos:</u> 1) Seleção do terreno 2) Densidade Urbana e Conexão com a Comunidade 3) Remediação de áreas degradadas 4) Transporte alternativo 5) Desenvolvimento do espaço 6) Projeto de águas pluviais 7) Redução de ilhas de calor 8) Redução da poluição luminosa
<b>Uso eficiente da água</b> (10%)	<u>Pré-requisito:</u> Redução do uso da água <u>Requisitos:</u> 1) Uso eficiente de água no paisagismo 2) Tecnologias inovadoras para águas residuárias (servidas) 3) Redução do uso da água
<b>Energia e Atmosfera</b> (35%)	<u>Pré-requisito:</u> Comissionamento de sistemas energéticos da edificação; Eficiência energética mínima; Gestão de gases refrigerantes <u>Requisitos:</u> 1) Otimização do desempenho energético 2) Geração local de energia renovável 3) Melhoria do comissionamento 4) Melhoria de gestão dos gases refrigerantes 5) Medição e verificação 6) Uso de energia verde ( <i>Green Power</i> )
<b>Materiais e Recursos</b> (15%)	<u>Pré-requisito:</u> Depósito e coleta de materiais recicláveis <u>Requisitos:</u> 1) Reuso do edifício 2) Gerenciamento de resíduos de construção 3) Reuso de materiais 4) Uso de materiais com conteúdo reciclado 5) Uso de materiais regionais 6) Uso de materiais de rápida renovação 7) Uso de madeira certificada
<b>Qualidade do ambiente interno</b> (14%)	<u>Pré-requisito:</u> Desempenho mínimo da qualidade do ar interno; Controle ambiental da fumaça de cigarro <u>Requisitos:</u> 1) Monitoramento do ar externo 2) Aumento da ventilação 3) Plano de Gestão da Qualidade do Ar Interno para as fases de construção e pré-ocupação do edifício 4) Materiais de baixa emissão 5) Controle interno de poluentes e produtos químicos 6) Controle dos sistemas de iluminação e conforto térmico 7) Conforto térmico – projeto e verificação 8) Iluminação natural e vistas para o exterior (paisagem)
<b>Inovação de projeto</b> (6 pontos extras)	Introdução de inovações ao projeto, como desempenho acima do requerido pelo LEED; iniciativas ambientais não contempladas pelo LEED e a participação de um profissional acreditado do LEED (AP).
<b>Prioridade regional</b> (4 pontos extras)	Requisitos prioritários de acordo com a região de aplicação

Nota: há diferenças de pontuação entre as categorias dos diferentes sistemas do LEED

Fonte: Adaptado de USGBC, 2009.

#### 4.5 DISTINÇÃO ENTRE AQUA E LEED

Partindo da análise das certificações AQUA e LEED, uma das diferenças entre elas é a forma de avaliar e a divisão da certificação do edifício em fases. O AQUA estabelece os itens a serem atendidos classificados como bom, superior e excelente, onde para certificar é necessário que o empreendimento apresente um mínimo de três requisitos no nível excelente e, no máximo, sete no nível bom. Já o LEED classifica-se em sete categorias e soma pontos, tendo que atender pelo menos os pré-requisitos de cada categoria.

O processo de avaliação do AQUA acontece em três fases separadamente, Programa, Concepção e Realização, as quais passam por auditoria da Fundação Vanzolini e recebem certificado específico para cada fase. Já a certificação LEED acompanha o empreendimento desde a fase inicial, depois a fase de concepção dos projetos, e em seguida a execução da obra e seu pós-uso, contemplando fatores sociais, educacionais e culturais que são necessários para a certificação de uma obra como sustentável sendo, portanto uma certificação mais completa que se preocupa com todo o ciclo da construção de uma obra, do material aplicado, às pessoas e ao meio ambiente, e que para pontuar é preciso atender a um contexto geral do empreendimento e não dividido por fases como acontece no AQUA.

Portanto, para o desenvolvimento da presente pesquisa, tomou-se como referência a certificação norte-americana LEED, tendo esta certificação como base, com o objetivo de analisar se a obra de reforma do Maracanã apresenta preceitos necessários para ser considerada sustentável ou apresenta princípios de sustentabilidade.

#### 4.6 LIMITES DA CERTIFICAÇÃO

Tanto países desenvolvidos como em desenvolvimento tem buscado os selos e certificações ambientais na tentativa de realizar empreendimentos sustentáveis. Segundo John (2010), existe elementos presentes nas certificações possíveis de implantar na edificação, mas que na maioria das vezes não agregam valor sustentável, mas são aplicados devido à facilidade e baixo custo, somando pontos para conseguir o selo, o qual sem políticas públicas não promove sustentabilidade, passando em alguns casos uma imagem errônea de sustentabilidade a indústrias e corporações.

A ausência da preocupação e implantação da sustentabilidade nas construções é um problema real que precisa ser solucionado de forma imediata, e que ao mesmo tempo gera benefícios econômicos (JOHN, 2010). As empresas, em sua maioria, não estão

comprometidas em solucionar os problemas, tampouco desenvolver edificações com princípios sustentáveis, mas interessadas no *marketing* que o selo lhes traz, utilizando-se do *greenwashing*, onde se faz de conta que está resolvendo o problema da sustentabilidade.

“As pessoas compram com selo porque, por um lado, querem um indicativo de que aquele produto atende melhor ao problema de sustentabilidade. (...) É muito comum uma empresa, que tem dezenas de milhares de metros quadrados de área construída, construir um novo edifício com o selo e não fazer nada nas construções existentes. (...) As mudanças começam com um edifício, mas precisa haver continuidade. Às vezes gasta-se mais em propaganda do que para fazer o próprio produto. (JOHN, 2010).

A realidade brasileira não é compatível com a norte-americana ou europeia. Muito do que é estabelecido nas certificações não são aplicáveis no Brasil, devido às diferenças existentes entre os países. No Brasil, por exemplo, a principal fonte de emissão de gases de efeito estufa em um edifício é a construção. Todos os processos do LEED são concedidos pelo *U.S. Green Building Council* nos Estados Unidos, utilizando padrões de consumo e de construção americanos, diferentes da realidade brasileira. De acordo com John (2010),

“A nossa energia elétrica é muito limpa, então teria que se dar bastante peso para o CO<sub>2</sub> embutido no edifício, nos materiais, na distância de transporte. Esse não é o caso dos Estados Unidos, onde o CO<sub>2</sub> está na eletricidade. Quando se monta o selo para evitar a emissão de CO<sub>2</sub>, premia-se nos Estados Unidos quem economiza energia. No Brasil, tem que se premiar algo diferente. A sustentabilidade tem problemas globais, mas as soluções têm que ser localmente adequadas. No Brasil, a opção para diminuir a poluição dos automóveis é o uso do etanol, e nos Estados Unidos é o carro elétrico. Mas em São Paulo há prédios que, para se certificar, colocam tomadas para carros elétricos, que não existem. Fazem isso porque é um ponto barato. O problema das certificações é que elas precisam ser adequadas não só à realidade local, mas às estratégias selecionadas para o país. Muitas pessoas colocam estacionamento de bicicletas mesmo que isso não faça sentido. Em Boston funciona, mas não na Cidade do México, nem em São Paulo, que é quente e chuvosa no verão, não é plana e não tem ciclovia. Mas é um ponto barato, e a cidade está cheia de estacionamentos de bicicletas vazios. Isso é eticamente inaceitável.” (JOHN, 2010).

“Sustentabilidade é um equilíbrio entre impacto ambiental, impacto social e impacto econômico. Se for economicamente inviável, não é sustentável. Pode ser ecoeficiente, verde, mas o compromisso de sustentabilidade em cada obra é: o que se pode fazer dentro do orçamento. Sempre é possível fazer muita coisa dentro do orçamento, como reduzir desperdício em obra. O SindusCon-SP mostrou que gestão de resíduos em canteiro baixa o custo da obra.(...) Construção sustentável sempre cabe no orçamento; se não cabe, não é sustentável” (JOHN, 2010).

Para John (2010), as pessoas envolvidas com o *green building* não estão preocupadas com o impacto social. “É muito difícil explicar a um norte-americano que é possível que uma mansão no Lago Paranoá, com vista para o Palácio da Alvorada, esteja

construída em um terreno grilado. Mas isso é o Brasil. Entre 60% até 80% de alguns materiais de construção vendidos no país, como madeira, cerâmica vermelha e areia, são ilegais, informais” (JOHN, 2010). Os estrangeiros não conseguem absorver essa informação, pois esse tipo de conduta não costuma acontecer em países desenvolvidos.

As construtoras tem tomado medidas visando a sustentabilidade, mas ainda há informalidade. Como alternativa para reduzir a informalidade, utilizam os “6 Passos” do CBCS (Centro Brasileiro da Construção Sustentável), responsáveis por verificar os requisitos ambientais dos fornecedores. Materiais sustentáveis com conteúdo reciclado são sustentáveis se por trás não apresentarem deficiências como isenção de impostos pelo produtor, ou cujos operários são mal remunerados, ou seja, informalidade no processo. Não se dá a devida importância a questão da informalidade, da procedência, da qualidade dos materiais. Tanto John (2010) quanto Lamberts (2011) afirmam que muitos materiais com conteúdo reciclado não são eficientes, não apresentando nem mesmo as normas mínimas que um produto exige para ser considerado eficiente, e que sua utilização ocorre, na maioria das vezes, em função da informalidade do setor, resolvendo um problema, mas gerando outro.

O que a construção não pode ignorar, que está inserida na sustentabilidade, é a responsabilidade social. No Brasil, e em países em desenvolvimento em geral, a mão-de-obra é mal remunerada, e muitas vezes informal. O desafio social que a construção civil enfrenta é a pobreza dos operários devido aos baixos salários a eles pagos. A construção no Brasil é artesanal, pouco produtiva, não se dá a devida importância ao projeto, os problemas são resolvidos na obra, e isso prejudica a produtividade (JOHN, 2010). Isso é consequência da má remuneração dos operários. Para pagar mais é necessário ser mais produtivo. Assim, o aumento da produtividade na construção torna-se importante na busca pela sustentabilidade.

Sustentabilidade compreende não apenas as etapas de concepção de projeto e execução de obra. Faz parte desse sistema também a legalidade do empreendimento, valorização da mão-de-obra, análise do ciclo de vida dos materiais, redução do consumo de matéria-prima, pois tudo está interligado e se um elemento for realizado de forma insatisfatória compromete todo o restante não atingindo o objetivo proposto.

O Brasil não apresenta uma base de dados própria, a qual deve ser utilizada na seleção de materiais e soluções construtivas, por meio da análise do ciclo de vida. Quando se fazem essas análises e escolhas utilizam-se bases de dados estrangeiras, que não tem correspondência com o Brasil e que desconsidera a questão da informalidade, pois tanto Europa quanto Estados Unidos não apresentam esse problema.

O Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente) tomou uma resolução importante no setor, a Resolução Nº 307 (2002), onde todos os municípios são obrigados a adotar um sistema de gestão de resíduos de construção, independentemente de seu tamanho. Para uma cidade pequena, que gera pouco resíduo, é inviável atender às exigências da resolução. Além disso, tem-se a falta de condições criadas pelo Governo para que os municípios apresentem uma estrutura de gestão, onde a maioria dos municípios não tem gestão de resíduo urbano (JOHN, 2010). As construtoras muitas vezes não conseguem realizar uma destinação adequada de seus resíduos porque o município não provê infraestrutura para isso. Gestão de resíduos em obra é economicamente viável, mas não é executada porque falta infraestrutura coletiva e condições de mercado para gerar material reciclado (JOHN, 2010).

Fazendo um paralelo com as ideias de John, o especialista em eficiência energética, Roberto Lamberts (2011) faz uma crítica ao desempenho das edificações que apresentam certificação, ressaltando que o consumo de energia de um edifício etiquetado não é menor do que de um edifício construído segundo as boas práticas de arquitetura e engenharia, o que leva a pensar que se compra propaganda.

Segundo Lamberts (2011), o LEED foi desenvolvido para ser aplicado nos Estados Unidos enquanto o Procel foi pensado para a realidade brasileira, estabelecendo índices por meio de simulações, no que se refere apenas à eficiência energética, onde o Procel classifica o edifício de A até E, enquanto o LEED estabelece uma norma mínima obrigatória e por meio de simulações prova-se que há mais eficiência, na busca por mais pontos. Parte considerável dos prédios certificados pelo LEED no Brasil está no desempenho mínimo, afirma Lamberts (2011).

“Claro que o mínimo da norma americana é elevado, talvez seja o nosso B. Mas poderíamos projetar prédios bem mais eficientes se cuidássemos mais da arquitetura e da questão das áreas transparentes. Precisamos inovar na arquitetura e, eventualmente, em estratégias mais pesadas de condicionamento passivo do ar. Na verdade, as pessoas querem construir a mesma coisa que construíam e colocar uma etiqueta ou certificação. Segundo a norma NBR 15.575 (ABNT, 2013), de Desempenho, os empreendimentos devem ter "Adequação Ambiental" e privilegiar a interferência mínima no meio ambiente, o uso de materiais que causem menor impacto ambiental e minimizem o consumo de energia" (LAMBERTS, 2011).

De acordo com Lamberts (2011), a sustentabilidade exige uma visão ampla, focada no todo, onde não adianta desenvolver um projeto sustentável onde as pessoas não se conscientizam da importância da sustentabilidade e não fazem sua parte para que o projeto seja realmente eficiente. Além disso, Lamberts (2011) reafirma o pensamento de John (2010)

quando diz que o problema que rege a ausência da sustentabilidade é a falta de incentivo por parte do poder público.

Lamberts (2011) destaca que é complicado tentar introduzir, por exemplo, a madeira nos projetos, pois não existe incentivo por parte do poder público, não conseguindo fazer seguro contra incêndio de uma casa de madeira, tampouco dá-la como garantia nos bancos. O mesmo ocorre com o uso das células fotovoltaicas, que é incentivado nos países desenvolvidos. Na Alemanha, por exemplo, a concessionária de energia compra, obrigatoriamente, a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos de uma casa por um determinado valor, enquanto a casa compra da rede pela metade do preço (BRASIL, 2008). Falta incentivo nesse sentido por parte do poder público e falta iniciativa por parte da população. É preciso investir na educação ambiental, na formação de profissionais mais qualificados, no desenvolvimento de melhores projetos e de políticas públicas que visem a preocupação com os recursos naturais para que a geração de resíduos seja vista como um problema social e ambiental e não que a intenção de minimização da geração de resíduos seja tratada como *marketing* (LAMBERTS, 2011). No entanto, não basta esperar que o poder público haja sozinho. Se a população se conscientizar da importância de se tomar iniciativas sustentáveis e começar a agir, ações cabíveis ao poder público se tornam consequência.

As certificações são iniciativas positivas na criação de uma consciência ecológica, entretanto, para o empreendimento alcançar a sustentabilidade, o processo de certificação é apenas o começo. É preciso aplicar ações sustentáveis levando em consideração as características locais. As certificações fazem com que a consciência ambiental seja absorvida por todos os envolvidos na obra. Para cada empreendimento existem soluções mais adequadas e que poderão causar maior impacto positivo que outras, principalmente no que se refere às questões climáticas, que variam devido a extensão do território brasileiro.

“Em um empreendimento construído em uma localidade que tem um índice pluviométrico baixo, o investimento em um sistema de coleta de água da chuva pode não ser a melhor maneira de contribuir com o meio ambiente. (...) Na serra gaúcha, por exemplo, o isolamento térmico é essencial, enquanto em Manaus, é necessário arejar ao máximo os edifícios devido às altas temperaturas” (SILVA, 2010).

As certificações são apenas o começo da implantação das práticas sustentáveis na construção civil e estas devem atentar para a melhor aplicação levando em consideração todos os aspectos que envolvem a construção, com auxílio de profissionais na elaboração dos projetos, na construção e na ocupação dos empreendimentos, pensando-os de forma ecológica para cada situação.

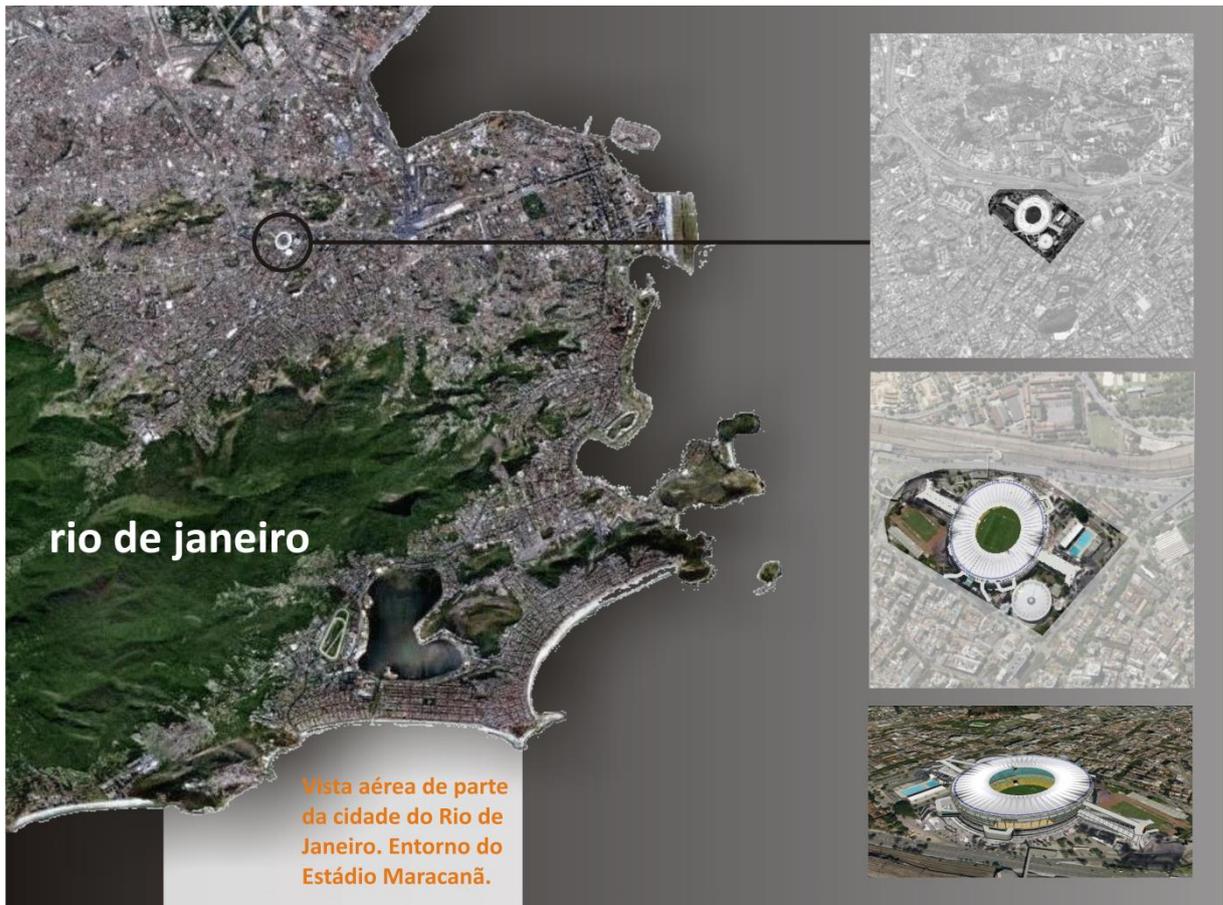
## 5 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa teve como ponto de partida a geração de resíduos sólidos da construção civil, provenientes do processo construtivo em canteiros de obras, e seus impactos ao meio ambiente. Delimitou-se, assim, o campo da pesquisa. Partiu-se também do pressuposto de que para obter qualidade, o processo de produção na Indústria da Construção deve ser ambientalmente correto. Para tanto, o profissional contemporâneo da área da construção civil deve levar em consideração nas suas decisões princípios da sustentabilidade.

Em um primeiro momento, foi realizado um levantamento e estudo da bibliografia nacional e internacional, específica sobre o tema da pesquisa, com o propósito de caracterizar a importância do objeto de estudo, fazer uma revisão do tema e obter o estado da arte sobre a sustentabilidade aplicada à construção. As pesquisas se apoiaram em leitura e análise de livros, sites, artigos científicos, entrevistas, aulas, palestras, projetos de empreendimentos, imagens, periódicos, textos legais, documentos, mapas e fotos, tendo por objetivo conhecer as diferentes contribuições científicas disponíveis sobre o tema da pesquisa.

Após a revisão da literatura, definiu-se a utilização da certificação LEED como base para o estudo, servindo de referência para o desenvolvimento do trabalho pelo fato desta certificação ser a mais adotada em todo o mundo, por apresentar um índice relevante de obras certificadas no país, por um número elevado de empreendimentos buscarem essa certificação e pelo Brasil carecer de uma certificação própria. Portanto, o LEED foi utilizado no decorrer do trabalho como ferramenta base para o estudo de caso, análise de dados e ações, e apresentação de propostas na construção civil, voltadas para a sustentabilidade dos canteiros de obras e, por conseguinte, da construção como um todo.

Tomou-se como objeto de estudo a obra do Estádio Maracanã, localizado no bairro do Maracanã, na zona norte da cidade do Rio de Janeiro (Figura 10), que estava buscando a certificação LEED. A área e objeto de estudo compreende apenas o edifício do Estádio Maracanã, a arena, desconsiderando o restante do complexo composto pelo parque aquático Júlio Delamare, a pista de atletismo Célio de Barros e o Maracanãzinho, pois apenas a arena buscava a certificação LEED. O entorno do estádio foi estudado e analisado, não tendo como foco a certificação propriamente dita, mas sim como complemento da mesma. No Anexo 5 tem-se a planta planialtimétrica do Estádio Maracanã e seu entorno.



**Figura 10** - Localização do Estádio Maracanã, objeto de estudo.  
 Fonte: Google Earth, 2013.

A obra consiste na reforma e adequação do Estádio Maracanã, com o objetivo de sediar a Copa do Mundo FIFA 2014 e seguir as recomendações exigidas pela FIFA para receber o público. O canteiro apresenta uma extensão de 185.115,65 m<sup>2</sup> aproximadamente enquanto a área correspondente ao edifício do Estádio Maracanã consiste em cerca de 75.941,71 m<sup>2</sup>. O projeto foi elaborado pelo escritório Fernandes Arquitetos Associados em parceria com Consórcio Maracanã Rio 2014 e Governo do Estado do Rio de Janeiro, tanto antes como depois da aplicação da certificação LEED no empreendimento. A obra foi executada pelo Consórcio Maracanã Rio 2014, composto pelas construtoras Odebrecht Infraestrutura e Andrade Gutierrez. A implantação do LEED e a execução da obra foram acompanhadas pela Empresa de Obras Públicas (EMOP), na figura do presidente Ícaro Moreno, e pela Secretaria de Estado de Obras.

A pesquisa documental foi a base do trabalho de investigação realizado. Foram empregados documentos cedidos por membros do Consórcio Maracanã. Para tanto, a Universidade Federal de Goiás (UFG), por meio de solicitação do magnífico reitor, Prof. Dr. Edward Madureira Brasil, e do Prof. Dr. Enio Pazini Figueiredo, consultor da obra do

Maracanã e professor da UFG, obteve autorização do Consórcio Maracanã para realizar o trabalho nas dependências da referida obra. A pesquisa foi baseada em tabelas estatísticas, pareceres, fotografias, relatórios, mapas, depoimentos orais e escritos, e em documentos informativos obtidos durante as visitas realizadas na obra. Envolveram, ainda, visitas ao município, órgãos de governo, procuradorias de estados e centros de pesquisa. A amplitude do objeto de estudo e a dificuldade para se obter dados exigiram uma combinação de diferentes formas de pesquisa, assim como a utilização da pesquisa empírica realizada por meio de estudo de caso e de experiências.

Durante a pesquisa de campo foram observados os fatos e feita a coleta dos mesmos. Foi realizado um levantamento de dados e informações de campo em relação ao sistema de gestão da obra e um estudo exploratório do canteiro de obra, além de obtenção de informações projetuais da obra de reforma do Estádio Maracanã. Nas visitas periódicas à obra fez-se a documentação das mudanças das etapas da construção por meio de imagens e anotações.

Fez-se, na sequência, a análise e interpretação dos dados coletados. A etapa de análise dos dados foi feita por meio da utilização de ferramentas analíticas para a apresentação de dados e para interpretação do objeto de estudo, tais como indicadores, medições, análise de fluxo, diagramas, gráficos a serem analisados e confrontados a fim estabelecer propostas para a minimização da geração de resíduos em um canteiro de obra.

Buscou-se, também, analisar a adequação e a interferência da Certificação LEED na redução de geração de resíduos. A avaliação foi feita a partir de dados, documentos e conversas com técnicos do Consórcio Maracanã e da empresa certificadora da obra sobre a implantação e aplicação da certificação. Pretendeu-se com essa pesquisa verificar como a certificação estava sendo aplicada no canteiro de obra do Maracanã e como seus resultados estavam sendo avaliados, e levantar o processo e as possíveis dificuldades enfrentadas na implantação e certificação LEED no Maracanã. Levantar e destacar as ações que devem ser trabalhadas para se alcançar o objetivo principal deste estudo: a minimização da produção de resíduos da construção civil nos canteiros de obras.

Para uma melhor compreensão das etapas da pesquisa apresenta-se a seguir a Figura 11 que mostra um fluxograma da metodologia e suas fases.

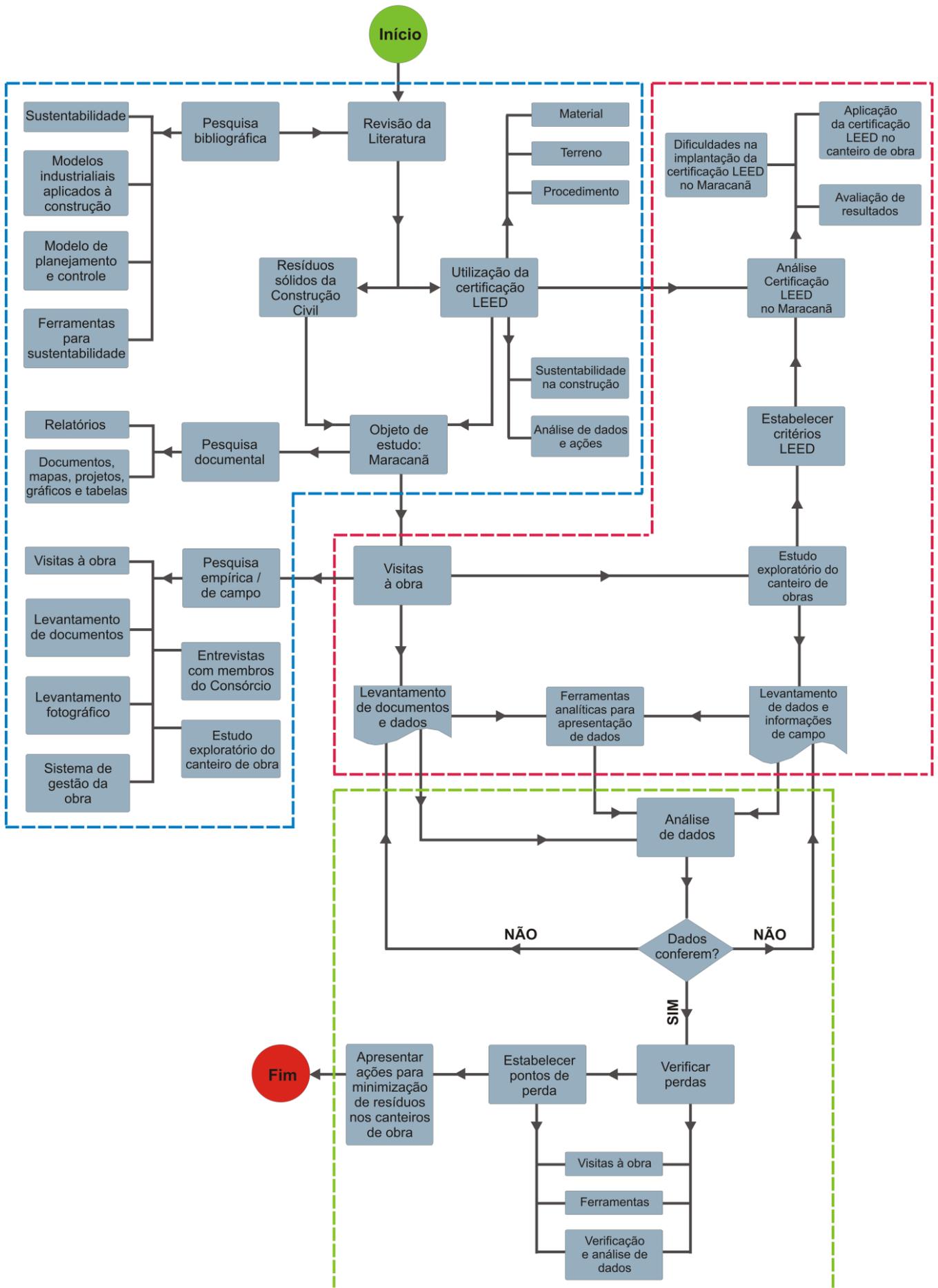


Figura 11 - Fluxograma de etapas da pesquisa.

## 5.1 CARACTERÍSTICAS DO CANTEIRO DE OBRA DO MARACANÃ

Neste item são abordados assuntos referentes ao canteiro de obra do Maracanã e sua explanação. Apresenta-se a tipologia do canteiro de obra do Maracanã juntamente com as intervenções realizadas na obra a partir da planta de *layout*. As características do canteiro foram obtidas por meio de visitas, informações de técnicos do Consórcio Maracanã, imagens e projetos. A partir disso, pôde-se verificar como estão distribuídas as funções dentro do canteiro, analisar se o *layout* facilita ou dificulta a movimentação no local, levantar as perdas de material e produção de resíduos e, finalmente, verificar como as alterações de *layout* podem contribuir para a minimização da produção de resíduos.

Buscou-se analisar os fatores que levam à geração de resíduos na construção civil, levantar as principais perdas de materiais na construção e a participação do canteiro de obra nessas perdas. Realizou-se também o levantamento dos resíduos gerados na obra do Maracanã verificando quais matérias-primas foram mais desperdiçadas e o porquê dessas perdas. Esses dados foram obtidos por meio de ferramentas aplicadas no canteiro onde foi possível levantar os tipos de materiais e a quantidade de perda de cada um deles ao longo da obra.

Foram analisadas as ferramentas aplicadas na obra com o objetivo de levantar dados relativos às perdas de material, quantidade de resíduos gerados em um determinado período, a quantidade desperdiçada de cada material utilizado na obra na etapa de construção e demolição da alvenaria, a relação da ordem dos materiais mais desperdiçados e, a partir daí, levantar as causas desses desperdícios e buscar alternativas para eliminar ou minimizar essas perdas de material e geração de resíduos. Esses dados foram comprovados por meio de fotos e confrontados com dados da construtora para comprovar a veracidade do dado levantado.

## 5.2 CERTIFICAÇÃO LEED NA OBRA DO MARACANÃ

A certificação LEED foi usada como princípio norteador da pesquisa. Por meio dela foram analisadas as estratégias utilizadas para a prevenção e redução da geração do resíduo na obra do Estádio Maracanã. Buscou-se analisar a aplicação da certificação LEED na obra do Maracanã mediante a identificação e verificação na prática dos fatores que levam à geração de resíduos, e verificar se a aplicação da certificação LEED na obra do Maracanã contribuiu para a identificação dos fatores que levam à geração de resíduos.

Buscou-se também identificar os fatores que influenciam na minimização da produção de resíduos, através do estudo de caso da obra de reforma e adequação do Estádio

Maracanã, a fim de reduzir a geração de resíduos sólidos no canteiro de obra. Objetivou-se verificar se a aplicação da certificação LEED no Estádio Maracanã gera alternativas para reduzir a geração de resíduos sólidos no canteiro de obra.

Foram levantados os panoramas da certificação no decorrer da obra, como evoluiu o processo e os benefícios gerados ao edifício. Esse panorama será apresentado por meio de gráficos e tabelas cedidos pelo Consórcio Maracanã. Estes dados foram também checados em campo. Categorias e critérios foram selecionados para um estudo mais específico da aplicação desta certificação.

### **5.2.1 Análise do canteiro e levantamento de dados**

Após a seleção das categorias e créditos, avaliou-se ao longo do trabalho a implantação e aplicação desses créditos da certificação LEED na obra do Maracanã. Era de interesse saber como ela vinha sendo aplicada, quais os procedimentos usados, se estavam sendo atendidos os requisitos da certificação e se os critérios implantados estavam sendo eficazes na redução da perda de materiais no canteiro.

Para a conferência da aplicação e eficácia dos critérios LEED referentes ao canteiro, reuso e minimização de perdas de material e geração de resíduos, foi feita uma análise dos critérios aplicados no canteiro de obra do Maracanã a fim de obter dados relativos à eficiência dos critérios, se atendem às necessidades do canteiro e da obra. Essa análise compreendeu em verificar ações implantadas na obra desde a elaboração dos projetos até medidas tomadas para a execução da obra, buscando também levantar dados como valores de perdas de materiais e estimativas de resíduos gerados.

Após a coleta e a organização dos dados, fez-se uma análise dos mesmos contrapondo-os com o que foi visto no canteiro de obra, analisados e documentados por fotos, para comprovar se estavam em conformidade com a realidade da obra. Essa análise foi feita por meio de visitas à obra. Após essa primeira análise de conformidade, foram levantados os aspectos positivos e negativos relativos à geração de resíduos na obra.

### **5.2.2 Critérios da certificação LEED aplicados no canteiro de obra do Maracanã**

Analisando a certificação LEED, chegou-se a conclusão de que esta compreende um número extenso de critérios. Sendo assim, visando atender os objetivos da dissertação, foram utilizados apenas os critérios que impactam a geração de resíduos sólidos.

Para o desenvolvimento do trabalho foram analisadas as categorias 1 e 4 da certificação LEED, referentes a “Terreno Sustentável” e “Materiais e Recursos”. Juntas essas categorias englobam 40% dos requisitos LEED. Os critérios estão presentes no Quadro 8. Estes critérios fazem parte do Quadro 7 – Categorias e requisitos LEED *for New Construction and Major Renovations* (LEED-NC) Versão 3 (USGBC, 2009).

**Quadro 8 - Categorias e requisitos LEED a serem estudados no trabalho.**

<b>Categorias LEED</b>	<b>Requisitos LEED</b>	<b>Como será avaliado</b>
<b>Terreno sustentável (26%)</b>	<b>Pré-requisito:</b> Prevenção da poluição nas atividades de construção	Por meio de avaliação de projetos, entre eles arquitetônico, complementares, situação, localização e entorno imediato, documentos, relatórios, visitas a campo, imagens.
	<b>Créditos:</b>	
	9) Seleção do terreno	
	10) Densidade Urbana e Conexão com a Comunidade	
	11) Remediação de áreas degradadas	
	12) Transporte alternativo	
	13) Desenvolvimento do espaço	
<b>Materiais e Recursos (14%)</b>	<b>Pré-requisito:</b> Depósito e coleta de materiais recicláveis	Visitas ao local da obra, avaliação de contratos com empresas as quais os resíduos são destinados, avaliação de contratos de compra, documentos.
	<b>Créditos:</b>	
	8) Reuso do edifício	
	9) Gerenciamento de resíduos de construção	
	10) Reuso de materiais	
	11) Uso de materiais com conteúdo reciclado	
	12) Uso de materiais regionais	
13) Uso de materiais de rápida renovação		
	14) Uso de madeira certificada	

Fonte: Adaptado de USGBC, 2009.

No Apêndice encontram-se dois quadros em que são apresentadas e explicadas as categorias “Terreno Sustentável” e “Materiais e Recursos” da certificação LEED, com seus pré-requisitos e créditos que foram tomados como referência para o desenvolvimento do trabalho, sendo eles elementos voltados para o canteiro e materiais, que devem cumprir com o objetivo de reduzir a geração de resíduos no canteiro e buscar a sustentabilidade do empreendimento.

Nessa fase foram analisadas as ações realizadas no canteiro para o cumprimento desses créditos. Por meio de dados, visitas ao local e imagens foram analisados cada um dos créditos a fim de levantar a contribuição do LEED na obtenção da sustentabilidade na obra.

Em seguida, foi detalhado e analisado cada critério LEED que pode impactar a geração de resíduo para comprovar suas importâncias, levantando sugestões de ações de melhorias para obras futuras, além dos critérios já pré-estabelecidos pela certificação LEED para o controle de perdas no canteiro.

### 5.3 ANÁLISE E UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS PARA VERIFICAÇÃO DO LEED

Tem-se como objetivo nesse momento da pesquisa, selecionar ferramentas que possam contribuir para a apresentação de dados referentes às perdas de materiais no canteiro. Foram verificadas as ferramentas usadas pelo Consórcio na obra do Maracanã e estas são: Indicadores, princípios do PDCA, 5W1H, Fluxograma, Histograma, Gráfico de Controle para Atributos e Variáveis, Diagrama de Pareto. Indicadores, PDCA, 5W1H são metodologias de planejamento e análise de dados as quais foram verificadas se estavam sendo utilizadas na obra e qual a sua contribuição para a redução de perdas no processo construtivo. Já Fluxograma, Histograma, Gráfico de Controle para Atributos e Variáveis e Diagrama de Pareto foram utilizadas como forma de apresentação de dados. Esses dados consistem em informações já existentes, coletadas em tabelas e relatórios fornecidos pelo Consórcio Maracanã referentes a perdas de materiais de construção civil usados na fase de assentamento de alvenaria, tais como blocos, argamassa, metais, madeira e demais materiais dessa etapa de construção, a fim de verificar se ocorreu uma redução ou aumento de perdas de material no decorrer da obra. Foram verificadas também as perdas geradas na fase de demolição de parte do Estádio Maracanã e remoção do solo do gramado.

A partir dos dados levantados por meio das ferramentas é possível verificar o comportamento da aplicação da certificação LEED na obra do Maracanã em termos de controle e redução da geração dos resíduos. Os dados foram levantados pelo Consórcio e organizados em fluxogramas e diagramas a fim de obter diretrizes na busca pela redução de perdas de materiais na obra. Com estes dados, apresentou-se a construção de um canteiro de obra sustentável, as relevâncias da execução da obra no contexto da sustentabilidade e se as ferramentas possibilitam uma mudança de paradigma e de resultados.

A pesquisa buscou discriminar ações que minimizassem a geração de resíduos de obras nos canteiros, na tentativa de reduzir os impactos causados por eles. Para isso existe a necessidade de identificar as causas dessa geração e o que leva a essa perda para, assim, propor alternativas para solucionar esse problema, visando a sustentabilidade da obra.

Após o levantamento e coleta dos dados e a verificação das ferramentas de gestão e análise de dados juntamente com a certificação LEED, foi feita a análise das principais causas das ocorrências de perdas de materiais na construção da obra em estudo. Foram identificadas as causas da geração de resíduos, e a partir delas foram estabelecidas estratégias a fim de reduzir a geração de resíduos sólidos no canteiro de obra.

#### 5.4 AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM UM CANTEIRO DE OBRA

Depois de todos os dados levantados e analisados foram estabelecidas ações de intervenção propondo soluções e alternativas para redução e minimização de perdas de materiais e, conseqüentemente, geração de resíduos sólidos nos canteiros de obras. Essas ações foram elaboradas por meio de uma listagem (sequência) das ações gerais e pontuais com o intuito de minimizar o problema dos resíduos, desde o desenvolvimento do projeto, passando pela organização do canteiro de obra até a execução da obra.

Buscou-se avaliar nesse momento da pesquisa os resultados da minimização de resíduos da construção no Maracanã por meio do monitoramento da aplicação da certificação LEED, avaliando se esta contribuiu para a minimização de resíduos da construção no canteiro.

Considerando que o objeto de estudo seja uma obra de grande porte e que o objetivo deste trabalho é contribuir para a minimização de resíduos em obras de modo geral, destaca-se que as ações a serem estabelecidas por essa pesquisa sejam sugestões adequadas a obras, tanto de grande porte como outras. Sendo assim, serão apresentadas alternativas a serem tomadas ao início e no decorrer da obra, visando a não geração de perdas no canteiro, tomando como modelo para isso a obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã.

Para concluir a pesquisa, foram apresentadas ações a partir de todos os dados levantados no decorrer do trabalho a fim de apresentar informações pertinentes do estudo de caso, contendo estratégias para o desenvolvimento de uma obra sustentável no âmbito dos resíduos sólidos da construção civil, e que estas sejam aplicáveis a qualquer obra independente do tamanho e do investimento, que sejam alternativas simples e de baixo custo, que envolvam todos os atores da sustentabilidade, estando presente a preocupação com os setores econômico, social e ambiental.

#### 5.5 CERTIFICAÇÃO LEED E O PROJETO ARQUITETÔNICO

Na tentativa de pontuar elementos da certificação LEED que deveriam ser parte inerente de um projeto arquitetônico bem concebido e verificar até que ponto a certificação LEED é eficiente para atingir o objetivo desejado e se realmente essa certificação contribui para a sustentabilidade da obra, fez-se uma relação e comparação das certificações de edifícios sustentáveis com o projeto arquitetônico, destacando a certificação LEED, contemplando aspectos e princípios sustentáveis que, conseqüentemente, darão origem a um empreendimento sustentável.

## 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Considerando que a atividade principal das construtoras é realizada na etapa de construção, não desconsiderando a etapa de projeto, o canteiro de obra torna-se o elemento mais importante da obra para a aplicação das ações voltadas para a sustentabilidade e as boas práticas do processo construtivo. É nele que ocorrem as maiores transformações, concretizando o que foi pensado e planejado, sendo palco da possível geração de resíduos. As mudanças no canteiro, implantação de ações estratégicas buscando a sustentabilidade da construção devem partir das construtoras, exercendo, portanto, papel importante na indústria da construção civil.

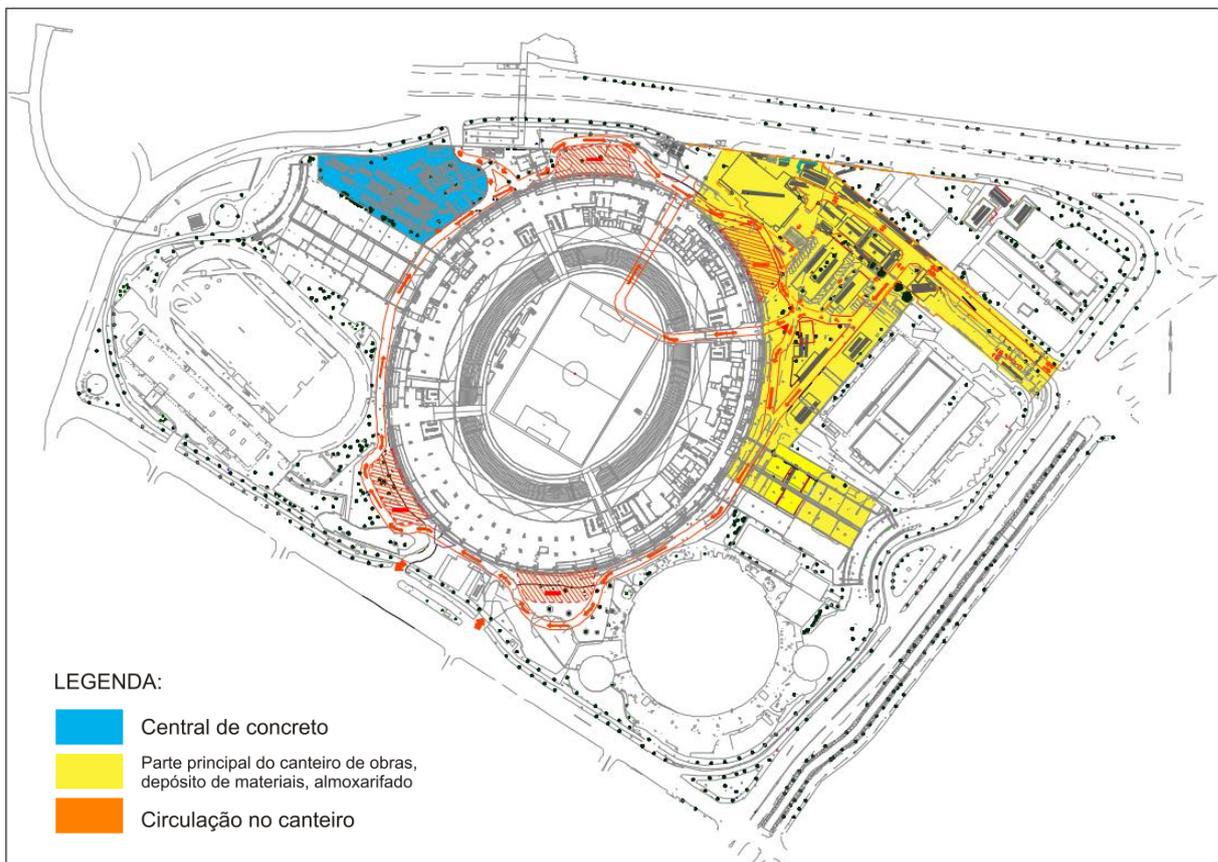
Para possíveis mudanças na indústria da construção, tão conservadora e retrógrada comparada com os demais segmentos de indústrias, uma mudança no modo de desenvolver projeto e executar se faz necessária. É preciso compartilhar responsabilidades, trabalhar em conjunto, ter interação entre as partes envolvidas, assim como nas etapas do empreendimento. A forma linear vigente de desenvolver projeto e de construir não funciona quando o objetivo é redução de perdas e minimização da geração de resíduos no canteiro. Para mudar esse quadro deve-se trabalhar de forma circular, em conjunto com todos os colaboradores do empreendimento. Faz-se necessário capacitar a mão-de-obra, transmitir aos funcionários da obra a educação ambiental por meio de treinamentos e ações, melhorar a organização do canteiro por meio de ações estratégicas levando à minimização da geração de resíduos, e buscando a sustentabilidade do empreendimento como um todo.

Com relação ao estudo de caso da obra do Estádio Maracanã, no Rio de Janeiro, a certificação LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) foi a base para todas as ações realizadas nas etapas de projeto, gerando uma dinâmica diferente da usual. Foi analisada a certificação LEED, ponto a ponto, considerando todas as categorias e créditos presentes no LEED, determinando parâmetros e ações a serem implantadas no projeto, a partir de metas estabelecidas pela equipe de projeto e pelo Consórcio, em relação a cada crédito. Foram realizados estudos e consultorias pela equipe de engenheiros e arquitetos da obra e pela empresa certificadora onde foram levantadas diretrizes de projeto contendo as metas a serem atingidas e a forma de implementá-las.

## 6.1 O CANTEIRO DE OBRA DO MARACANÃ

### 6.1.1 Explicação do Canteiro de obra do Maracanã

O canteiro de obra do Maracanã se encaixa na classificação de canteiro restrito, conforme Quadro 5 já apresentado, pois ocupa o terreno completo do edifício. Na Figura 12 tem-se a planta de *layout* do canteiro de obra do Maracanã, onde a parte azul corresponde à central de concreto, a laranja as áreas de circulação e em amarelo a região do canteiro onde se concentram as demais atividades como refeitório, vestiários, banheiros, área de vivência para descanso de funcionários, escritórios da administração e fiscalização, central de formas, central de armação, pronto socorro, parte do almoxarifado, depósito de materiais, baias e *containers*, entrada de funcionários e de materiais de construção.



**Figura 12** - Planta de *layout* do canteiro de obra do Maracanã (Anexo 6).  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

Quando a certificação LEED começou a ser introduzida, o canteiro já estava montado e finalizado. Portanto, as fases de implantação, planejamento de *layout* e logística de canteiro já tinham sido executadas. As máquinas e espaços de atividades já estavam locados, levando em consideração a afinidade entre eles. O *layout* implantado havia sido pensado para propiciar melhor funcionamento da obra, evitando perdas de materiais. Foi feita a análise dos

fluxos, inter-relações de materiais e equipamentos, espaço para cada atividade e relação de espaços afins.

Um problema enfrentado pelos projetistas do canteiro do Maracanã foi sua extensão. Por se tratar de um edifício extenso, buscou-se aglomerar todas as atividades afins em um mesmo lugar e separar as de maior impacto, como a central de concreto. Com relação ao armazenamento de materiais, uma parte era estocada no almoxarifado, que se encontrava próximo à entrada de carga e descarga, e a outra parte dos materiais era encaminhada diretamente para a obra, sendo parte dela utilizada e outra parte estocada dentro área edificada e nas rampas de acesso ao estádio, uma vez que a quantidade de material exigida por dia nesta obra era proporcional ao tamanho da obra e o almoxarifado existente no canteiro não suportava a demanda e o canteiro não comportava um almoxarifado maior. Sendo assim, o edifício foi integrado ao canteiro servindo também para estocagem de material.

Esta iniciativa, além de ter sido implantada devido à demanda expressiva de material, também foi adotada para minimizar perdas de material e reduzir a mão-de-obra e o tempo com o transporte do material do almoxarifado até o local de determinada atividade da obra. Os materiais que não eram estocados no almoxarifado eram transportados diretamente do caminhão de carga para o local onde iria ser aplicado, colocados com cuidado no local, sobre *pallets*, para evitar a quebra do material no transporte e no momento em que ele era colocado no solo, minimizando as perdas de material.

As caçambas que recolhiam os resíduos gerados no canteiro localizavam-se no centro do campo, próximas às arquibancadas e dentro do canteiro em locais estratégicos, conforme apresenta Figura 13, facilitando a separação e destinação do material de forma correta pelos funcionários e sua coleta pelas empresas certificadas. Ao final do dia os materiais separados para reciclagem eram encaminhados dos *containers* para as baias de separação instaladas próximas à entrada de carga e descarga de material, facilitando o acesso do caminhão que entrava no canteiro para recolher o material descartado e encaminhá-lo para a reciclagem. O material acondicionado nas baias era recolhido duas vezes por semana e destinado a empresas licenciadas.



**Figura 13** - Caçambas de depósito temporário de resíduos no canteiro do Maracanã.

Dentro do espaço referente ao campo e edifício estavam instaladas pequenas betoneiras para serviços menores e pontuais, que não exigiam a elaboração do concreto na central, agilizando o serviço e não desperdiçando material por transporte.

Além dos sanitários presentes nos vestiários, foram implantados no canteiro da obra e no edifício vários banheiros químicos, conforme mostra Figura 14, que facilitavam o acesso do funcionário sem este necessitar parar o serviço para ir até os sanitários que se encontravam afastados do local de trabalho, não ocorrendo assim perdas da produção por tempo considerado ocioso (trajeto até os banheiros). Alguns outros elementos da certificação LEED presentes no canteiro de obra serão apresentados adiante.



**Figura 14** - Banheiros químicos espalhados no canteiro do Maracanã.

### 6.1.2 Perdas de materiais e suas causas

Foi realizado o levantamento dos resíduos gerados na obra do Estádio Maracanã. As Tabelas 4 e 5 apresentam os dados numéricos alcançados. A partir desses dados foi possível fazer uma análise da geração de resíduos na obra do Maracanã de janeiro de 2011 a setembro de 2012. A Tabela 4 mostra a quantidade de resíduos gerados na obra do Estádio Maracanã no ano de 2011. Os resíduos destinados para a reciclagem foram encaminhados para empresas certificadas e cadastradas que reutilizam materiais descartados de obras e de outros setores produtivos. Já os materiais que não se encontravam em condições de reuso ou não recicláveis, incluindo o material orgânico, foram encaminhados para o aterro sanitário.

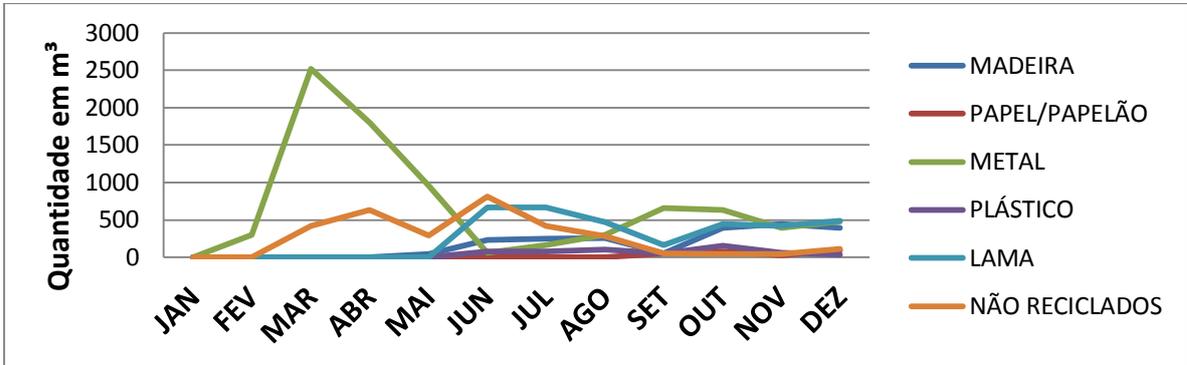
**Tabela 4** - Quantidade de resíduos gerados e destinados na obra do Maracanã em 2011.

QUANTIDADE DE RESÍDUOS DESTINADOS - 2011												
Unidade de medida: m <sup>3</sup>												
RECICLADOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MADEIRA	0	0	0	0	41	234	248	259	52	390	447	390
PAPEL/PAPELÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	52	80	26	93
METAL	0	300	2520	1800	960	60	160	301	660	630	390	480
PLÁSTICO	0	0	0	0	0	78	78	104	52	156	60	39
LAMA	0	0	0	0	0	665	665	475	160	445	420	490
NÃO RECICLADOS	0	0	420	630	291	810	423	283	51	40	45	115

Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

O Gráfico 1 mostra a curva de variação de geração de resíduos na obra do Maracanã referente à Tabela 4.

**Gráfico 1** - Quantidade de resíduos gerados e destinados na obra do Maracanã em 2011.



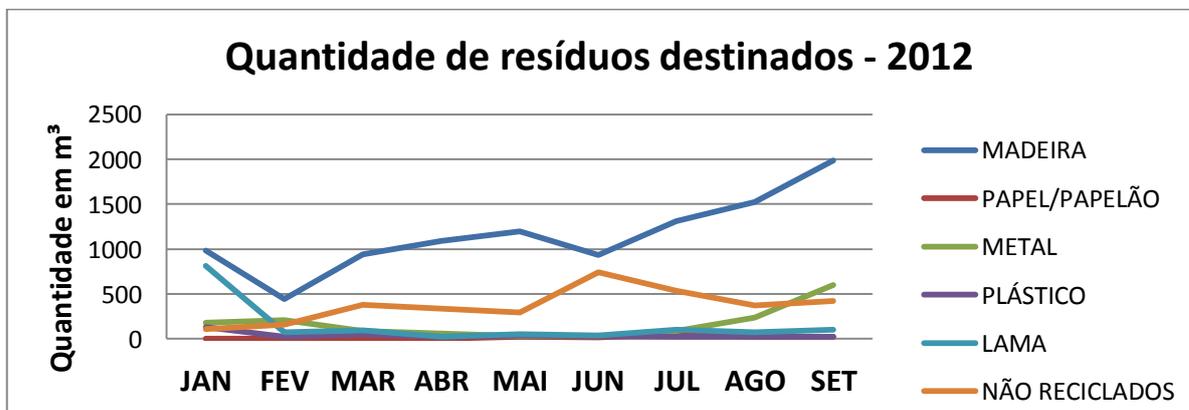
O levantamento de janeiro de 2012 a setembro de 2012 está presente na Tabela 5 apresentando a sequência da geração de resíduos e destinação de materiais da Tabela 4. O Gráfico 2 mostra a curva de variação de geração de resíduos na obra do Maracanã referente à Tabela 5.

**Tabela 5** - Quantidade de resíduos gerados e destinados na obra do Maracanã em 2012.

QUANTIDADE DE RESÍDUOS DESTINADOS - 2012												
Unidade de medida: m³												
RECICLADOS						JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO SET OUT NOV DEZ						
MADEIRA	981	442	944	1092	1195	935	1310	1526	1986			
PAPEL/PAPELÃO	0	0	0	0	26	13	52	26	26			
METAL	180	210	90	60	30	30	90	236	600			
PLÁSTICO	130	26	52	26	36	33	26	26	26			
LAMA	810	70	95	20	50	40	105	75	105			
NÃO RECICLADOS	110	162	378	338	297	740	537	373	424			

Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

**Gráfico 2** - Quantidade de resíduos gerados e destinados na obra do Maracanã em 2012.



A madeira começou a ser gerada em maio de 2011 apresentando um crescimento até setembro de 2012. Uma redução significativa e pontual foi registrada no mês de setembro de 2011. A maior parte dessa madeira descartada foi proveniente das formas das estruturas de concreto internas do estádio e das quatro novas rampas. Após três usos as formas de madeira eram encaminhadas para reciclagem. Os resíduos de papel e papelão começaram a aparecer na obra em setembro de 2011. Esses resíduos eram provenientes da proteção de esquadrias e embalagens de demais materiais utilizados na obra, variando a quantidade mês a mês.

O metal começou a aparecer antes dos demais materiais devido a demolição das arquibancadas e cobertura, sendo gerado quantidade expressiva de fevereiro a maio de 2011, período da demolição de estruturas de concreto antigas. Após essa etapa, o resíduo metálico foi reduzido. Ele tornou a aparecer em maior quantidade no período onde foram instaladas as arquibancadas, em setembro de 2012. Neste momento, o resíduo foi gerado devido a acidentes no transporte do material ou oxidação por mau armazenamento e exposição às intempéries.

O plástico gerado foi proveniente principalmente de embalagens e tubulações. O pico de geração de resíduos plásticos foi em outubro de 2011, período que ocorreram remoções das instalações elétricas e hidrossanitárias antigas do estádio.

A lama gerada no Maracanã apresentou-se em quantidade relevante de junho de 2011 até janeiro de 2012, período em que foram realizadas expressivas movimentações de terra e de resíduos gerados pela demolição das arquibancadas, cobertura e retirada do gramado. Parte dessa lama foi reutilizada no próprio canteiro para compactação do solo e produção de telhas e blocos cerâmicos utilizados nos edifícios provisórios do canteiro, como administração, refeitório e vestiários. O restante da lama foi destinado a empresas produtoras de materiais de construção. Passada essa fase, a redução da geração de lama foi significativa devido aos métodos de controle implantados no canteiro, como lava-rodas e a instalação de tapumes e trincheiras.

Os resíduos não reciclados correspondem a produtos com presença de contaminantes, que não podem ser reutilizados, que não puderam ser destinados devido à falta de empresas recicladoras certificadas, além dos resíduos orgânicos compostos por restos de alimentos recolhidos da cozinha do canteiro. Verificou-se uma redução dos resíduos não reciclados no período de setembro a novembro de 2011.

Apesar de não constar nas Tabelas 4 e 5, 42.744,17 m<sup>3</sup> de resíduo de concreto foi gerado. Esse resíduo foi proveniente, principalmente, das demolições da arquibancada

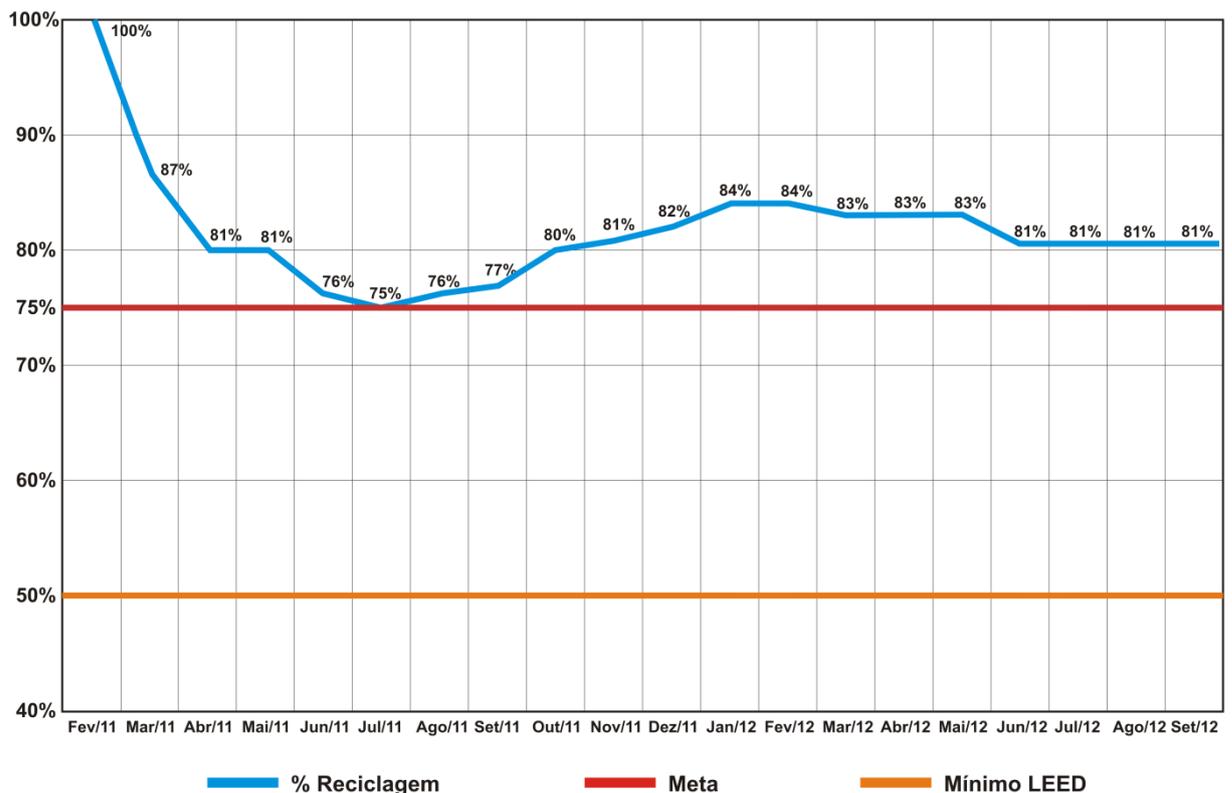
inferior, balanço da arquibancada superior e da cobertura. Realizou-se na obra o reaproveitamento de 100 % do resíduo de concreto britado, como se pode observar na Figura 15. O aço foi separado por meio de um equipamento com imã (Figura 3b) e enviado para reciclagem. O resíduo de concreto britado foi compactado junto ao solo do estádio para receber máquinas de elevado peso, entre elas um guindaste de 800 toneladas. Sem essa compactação o solo não teria capacidade de suportá-las.



**Figura 15** - Demolição das arquibancadas e cobertura, e britagem do concreto.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

Os dados das Tabelas 4 e 5 levaram a geração do Gráfico 3, onde é possível notar a quantidade de resíduos reaproveitados e destinados de forma correta de fevereiro de 2011 a setembro de 2012.

**Gráfico 3** - Percentual de reciclagem e destinação correta de resíduos de fevereiro de 2011 a setembro de 2012.



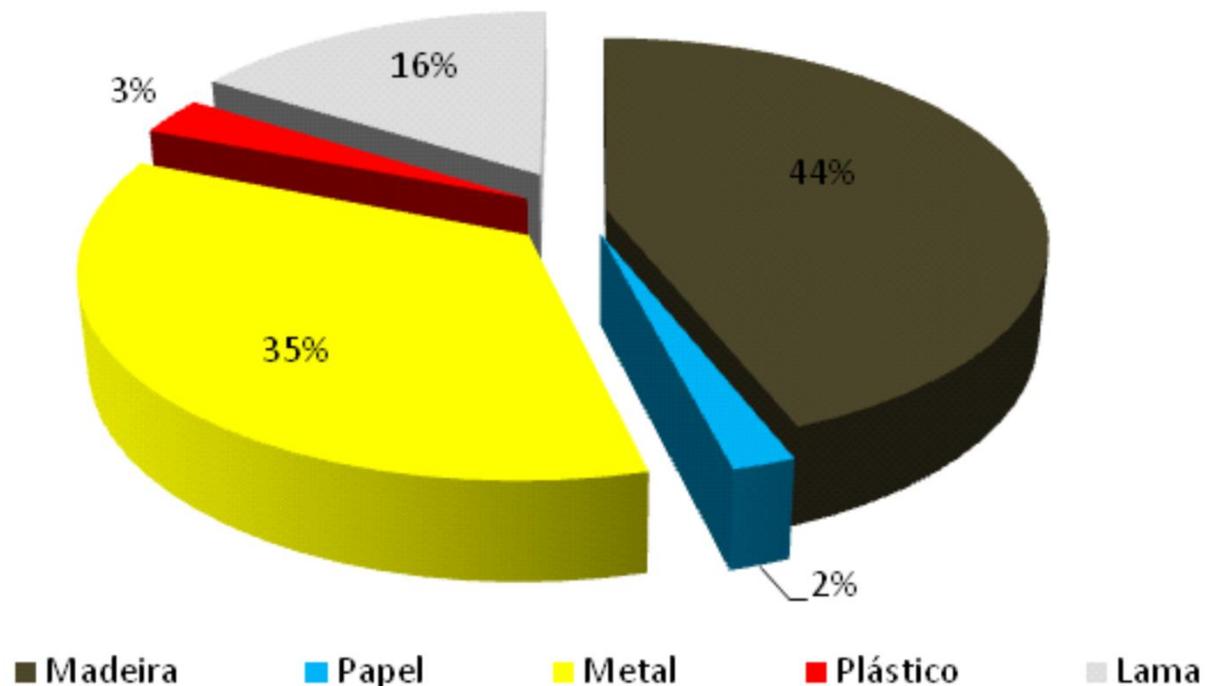
Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

Percebe-se que a meta estabelecida pelo Consórcio de reutilizar, reciclar, destinar corretamente e desviar do aterro sanitário 75% dos resíduos gerados no canteiro de obra do

Maracanã foi atingida. Esta meta corresponde a uma exigência da certificação LEED para atingir um determinado crédito, o que equivale a 2 pontos. No início da obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã conseguia-se reciclar todo o resíduo gerado. Com o passar do tempo, evolução da obra e aumento da geração de resíduos, o percentual de resíduo destinado à reciclagem foi diminuindo, mas sem passar do limite estabelecido pelo Consórcio para receber a pontuação da certificação LEED nesse crédito.

O Gráfico 4 permite visualizar a porcentagem de cada material reciclado gerado na obra do Maracanã. Percebe-se que dos materiais passíveis de aproveitamento, excetuando o concreto, a madeira foi o material que mais gerou resíduo, seguido de metal e lama. Papel e plástico tiveram geração insignificante comparado ao montante dos demais materiais.

**Gráfico 4 - Resíduos Recicláveis (m<sup>3</sup>) maio/2011 a setembro/2012.**



Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

O Consórcio Maracanã Rio 2014, composto pelas construtoras Odebrecht Infraestrutura e Andrade Gutierrez, grandes empresas brasileiras, apresentou preocupação com as questões ambientais que envolviam a obra e a destinação final correta de seus resíduos. Exigiu dos seus subcontratados a assinatura de termos de compromisso com a responsabilidade social e ambiental, certificando que o resíduo gerado na obra atendesse às exigências LEED e a princípios da sustentabilidade.

## 6.2 PROCEDIMENTOS DO LEED IMPLANTADOS NO CANTEIRO DE OBRA DO MARACANÃ COM ÊNFASE NAS CATEGORIAS “TERRENO SUSTENTÁVEL” E “MATERIAIS E RECURSOS”

A implantação da certificação LEED na obra de reforma do Maracanã foi uma exigência da FIFA (*Fédération Internationale of Football Association*) e do BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), por se tratar de uma obra de relevância nacional e internacional, onde deve buscar alguns preceitos de sustentabilidade para que o estádio possa fazer parte dos estádios que sediarão os jogos da Copa do Mundo no Brasil em 2014.

Essa exigência ocorreu após o início das obras no Maracanã. A obra já estava consolidada quando iniciou o processo de certificação. Assim, após a exigência da implantação da certificação LEED, houve a necessidade de se alterar os projetos para que fossem adaptados aos critérios da certificação sustentável. Essa decisão gerou um retrabalho o que em termos práticos não é sustentável, uma vez que houve perda de tempo e mão-de-obra na adaptação do projeto às exigências da certificação.

### 6.2.1 A decisão da adoção da certificação sustentável LEED na obra do Maracanã

O projeto de reforma e adequação do Complexo do Maracanã teve como objetivo executar as obras no Estádio Maracanã para sediar jogos e a final da Copa do Mundo FIFA 2014. O Consórcio Maracanã Rio 2014 teve como desafio atender às recomendações da FIFA, dentro do prazo de 900 dias, buscando soluções de engenharia que viabilizassem as intervenções necessárias. As obras estimaram, inicialmente, a geração de três mil empregos diretos. No entanto, de acordo com dados fornecidos pelo Consórcio Maracanã (2013), ao final da obra, mais de seis mil empregados estavam atuando no canteiro.

De acordo com o recomendado no caderno de encargos da FIFA e do BNDES, para a obtenção do financiamento de 400 milhões, a obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã deveria buscar a certificação internacional de edificações sustentáveis LEED.

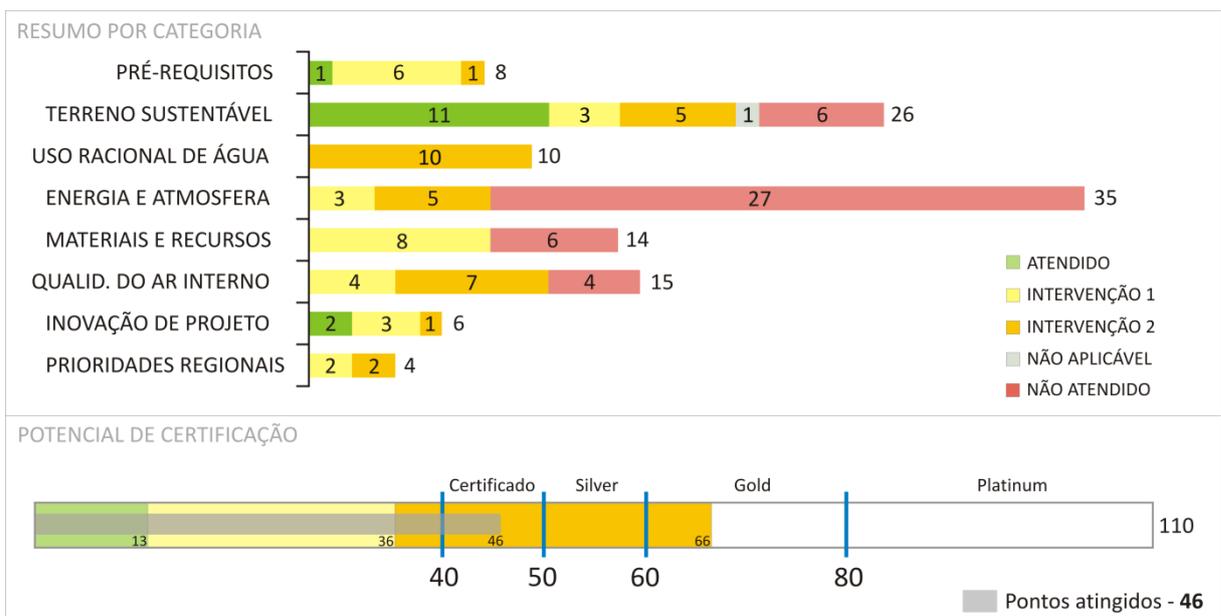
### 6.2.2 Panorama do LEED na obra do Maracanã

Com relação ao potencial da certificação LEED na obra de reforma e adequação do Maracanã, foram disponibilizados dados oficiais autorizados pelo Consórcio Maracanã Rio 2014 e EMOP, em forma de gráficos e tabelas, pelos gestores da obra, que por sua vez recebiam relatórios mensais da CTE (Centro de Tecnologia de Edificações), empresa

certificadora que prestava consultoria na área de sustentabilidade para a obra receber a certificação LEED. Estes relatórios apresentam dados referentes ao início da aplicação da certificação na obra (junho de 2011) até sua conclusão (maio de 2013), onde é possível ver a evolução da certificação LEED em alguns quesitos, como também a deficiência em outros, de acordo com a pontuação e critérios atingidos e exigidos.

Para análise da certificação LEED, com relação à meta a ser atingida, utilizaram-se de dados referentes a toda certificação, considerando todas as categorias LEED. No entanto, a ênfase da pesquisa se dá às categorias que possuem relação direta com os resíduos, que são as categorias “Terreno sustentável” e “Materiais e Recursos”.

As avaliações foram realizadas em quatro momentos, dentre elas a avaliação final. O primeiro momento analisado foi com base no relatório de fevereiro de 2011, o segundo de janeiro de 2012, o terceiro data de setembro de 2012 e o quarto e último (final) de maio de 2013. Estes dados foram analisados com o objetivo de verificar o andamento do atendimento dos créditos das categorias do LEED, apresentando e relacionando as metas alcançadas nos quatro momentos, e as categorias específicas relacionadas aos resíduos. Esses relatórios de *status* tem por objetivo mostrar um resumo da pontuação após a análise dos projetos e execução em relação às premissas de sustentabilidade e certificação LEED. Na Figura 16 tem-se dados parciais da aplicação do LEED na obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã referentes a fevereiro de 2011, onde ainda não havia sido introduzida a certificação LEED. Os dados presentes na Tabela 6 mostram quais créditos foram ou não atingidos nas categorias LEED, referentes aos resíduos, mostrando a pontuação de cada um deles.



**Figura 16** - Resumo da pontuação do projeto em fevereiro de 2011.

Fonte: Relatório de status da CTE de fevereiro de 2011. Fornecido por Consórcio Maracanã, 2011.

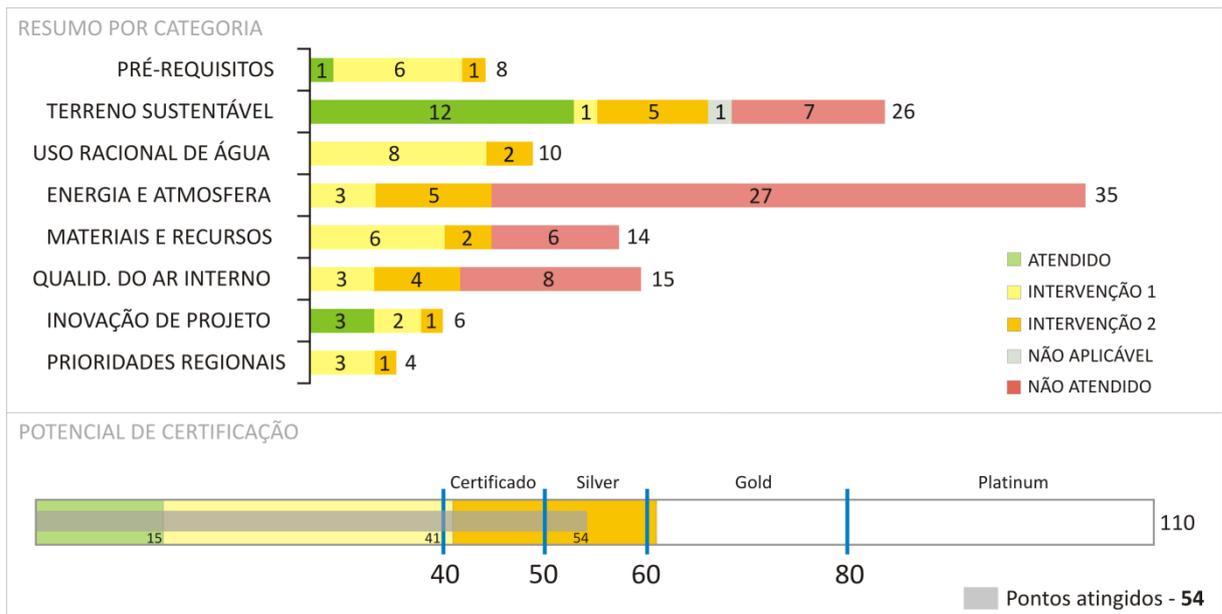
Para determinar a pontuação a ser alcançada (pontos atingidos) considerou-se os créditos Atendidos (AT), os de Intervenção 1 (IT1) e alguns de Intervenção 2 (IT2) possíveis de serem atendidos de acordo com determinada fase da obra. Em fevereiro de 2011 considerou-se na soma de pontos créditos de Intervenção IT2, como 4 pontos na categoria “Uso racional de água”, 1 ponto na categoria “Energia e atmosfera”, 3 pontos em “Qualidade do ar interno” e em “Propriedades regionais” 2 pontos, somando 10 pontos. Foram contabilizadas todas as categorias desconsiderando os pré-requisitos, que são obrigatórios.

**Tabela 6 - Classificação do LEED no canteiro de obra do Maracanã em fevereiro de 2011.**

PRÉ-REQUISITOS E CRÉDITOS			META	STATUS
TERRENO SUSTENTÁVEL	Pontos possíveis	26		
Prereq 1	Prevenção de Poluição nas Atividades de Construção		<b>Obrigatório</b>	IT1
Crédito 1	Escolha do terreno - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 2	Densidade urbana e comunidade local - <b>5 pontos</b>		SIM	AT
Crédito 3	Recuperação de áreas contaminadas - <b>1 ponto</b>		NÃO	NAP
Crédito 4.1	Transporte Alternativo - Acesso ao transporte público - <b>6 pontos</b>		SIM	AT
Crédito 4.2	Transporte Alternativo - Bicletário e vestiários - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 4.3	Transporte Alternativo - Veículos de baixa emissão e baixo consumo - <b>3 pontos</b>		NÃO	IT2
Crédito 4.4	Transporte Alternativo - Estacionamento - <b>2 pontos</b>		NÃO	IT2
Crédito 5.1	Desenvolvimento local - Áreas verdes - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 5.2	Desenvolvimento local - Áreas livres de construção - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 6.1	Projeto para drenagem de águas pluviais - Controle de qualidade - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 6.2	Projeto de drenagem de águas pluviais - Controle de qualidade - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 7.1	Ilhas de calor - Não cobertura - <b>1 ponto</b>		NÃO	IT1
Crédito 7.2	Ilhas de calor - Cobertura - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 8	Poluição luminosa - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
MATERIAIS E RECURSOS	Pontos possíveis	14		
Prereq 1	Depósito de Recicláveis		<b>Obrigatório</b>	IT1
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 55% - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 75% - <b>2 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 95% - <b>3 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 1.2	Manter 50% dos elementos não estruturais internos - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 2	Gestão dos resíduos em obra - 50% fora do aterro - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 2	Gestão dos resíduos em obra - 75% fora do aterro - <b>2 pontos</b>		SIM	IT1
Crédito 3	Reuso de materiais - 5% - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 3	Reuso de materiais - 10% - <b>2 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 4	Conteúdo reciclado - 10% (pós-consumo + ½ pré-consumo) - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 4	Conteúdo reciclado - 20% (pós-consumo + ½ pré-consumo) - <b>2 pontos</b>		SIM	IT1
Crédito 5	Materiais regionais - 10% - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 5	Materiais regionais - 20% - <b>2 pontos</b>		SIM	IT1
Crédito 6	Materiais rapidamente renováveis - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 7	Madeira certificada FSC - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
LEGENDA				
AT	ATENDIDO: Atendido, considerando a documentação disponível ou a sua efetiva implantação <i>in loco</i> .			
IT1	INTERVENÇÃO NÍVEL 1: Ações menos complexas ou previstas para o empreendimento, necessitando tecnologias e investimentos mais acessíveis.			
IT2	INTERVENÇÃO NÍVEL 2: Ações mais complexas, necessitando estudos de viabilidade técnica e econômica.			
NAP	NÃO APLICÁVEL: Não se aplica ao projeto por suas características intrínsecas.			
NA	NÃO ATENDIDO: As estratégias necessárias para atendimento do crédito não foram e não serão incorporadas.			

Fonte: Relatório de status da CTE de fevereiro de 2011. Fornecido por Consórcio Maracanã, 2011.

A Figura 16 é resultado de um primeiro levantamento de pontos que visam a obtenção da certificação de sustentabilidade no canteiro de obra do Maracanã. De acordo com esse levantamento é possível perceber que no início a quantidade de critérios LEED que a obra conseguia atender era menor que no segundo levantamento, de janeiro de 2012, apresentado na Figura 17, onde a capacidade suporte da obra no primeiro momento era de 46 pontos, e no segundo momento essa pontuação aumentou para 54, aumentando também a quantidade de créditos possíveis de ser atendidos pela obra.



**Figura 17** - Resumo da pontuação do projeto em janeiro de 2012.

Fonte: Relatório de status da CTE de janeiro de 2012. Fornecido por Consórcio Maracanã, 2012.

A soma da pontuação de cada um dos resumos apresentados acontece de forma sequencial, onde na barra denominada “Potencial de certificação” representa-se o somatório dos créditos de acordo com a especificação de cada um divididos em Atendidos (AT), Intervenção 1 (IT1), Intervenção 2 (IT2), Não aplicáveis (NAP) e Não atendidos (NA). No caso do resumo de janeiro de 2012, os critérios classificados como “Atendidos” somaram 15 pontos, os de “Intervenção 1” 26 pontos, que somados chegam a 41 pontos, e os de “Intervenção 2” 13 pontos, totalizando 54 pontos que foi o estimado para ser atendido neste momento da obra. Dos 13 pontos de “Intervenção 2” estão inclusos 3 pontos de “Terreno sustentável”, 1 pertence à categoria “Uso racional de água”, 3 pontos à “Energia e atmosfera”, 1 pontos para “Materiais e recursos”, 3 pontos em “Qualidade do ar interno”, “Inovação de projeto” somou mais 1 ponto e, fechando os 13 pontos, mais 1 ponto para “Prioridades regionais”, restando 7 pontos de “Intervenção 2” a serem atingidos nessa fase da obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã.

**Tabela 7** - Classificação do LEED no canteiro de obra do Maracanã em janeiro de 2012.

PRÉ-REQUISITOS E CRÉDITOS			META	STATUS
TERRENO SUSTENTÁVEL	Pontos possíveis	26		
Prereq 1	Prevenção de Poluição nas Atividades de Construção		<b>Obrigatório</b>	IT1
Crédito 1	Escolha do terreno - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 2	Densidade urbana e comunidade local - <b>5 pontos</b>		SIM	AT
Crédito 3	Recuperação de áreas contaminadas - <b>1 ponto</b>		NÃO	NAP
Crédito 4.1	Transporte Alternativo - Acesso ao transporte público - <b>6 pontos</b>		SIM	AT
Crédito 4.2	Transporte Alternativo - Bicicletário e vestiários - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 4.3	Transporte Alternativo - Veículos de baixa emissão e baixo consumo - <b>3 pontos</b>		SIM	IT2
Crédito 4.4	Transporte Alternativo - Estacionamentos - <b>2 pontos</b>		SIM	IT2
Crédito 5.1	Desenvolvimento local - Áreas verdes - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 5.2	Desenvolvimento local - Áreas livres de construção - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 6.1	Projeto para drenagem de águas pluviais - Controle de qualidade - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 6.2	Projeto de drenagem de águas pluviais - Controle de qualidade - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 7.1	Ilhas de calor - Não cobertura - <b>1 ponto</b>		SIM	AT
Crédito 7.2	Ilhas de calor - Cobertura - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 8	Poluição luminosa - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
MATERIAIS E RECURSOS	Pontos possíveis	14		
Prereq 1	Depósito de Recicláveis		<b>Obrigatório</b>	IT1
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 55% - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 75% - <b>2 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 95% - <b>3 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 1.2	Manter 50% dos elementos não estruturais internos - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 2	Gestão dos resíduos em obra - 50% fora do aterro - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 2	Gestão dos resíduos em obra - 75% fora do aterro - <b>2 pontos</b>		SIM	IT1
Crédito 3	Reuso de materiais - 5% - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 3	Reuso de materiais - 10% - <b>2 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 4	Conteúdo reciclado - 10% (pós-consumo + ½ pré-consumo) - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 4	Conteúdo reciclado - 20% (pós-consumo + ½ pré-consumo) - <b>2 pontos</b>		SIM	IT2
Crédito 5	Materiais regionais - 10% - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 5	Materiais regionais - 20% - <b>2 pontos</b>		SIM	IT1
Crédito 6	Materiais rapidamente renováveis - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 7	Madeira certificada FSC - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1

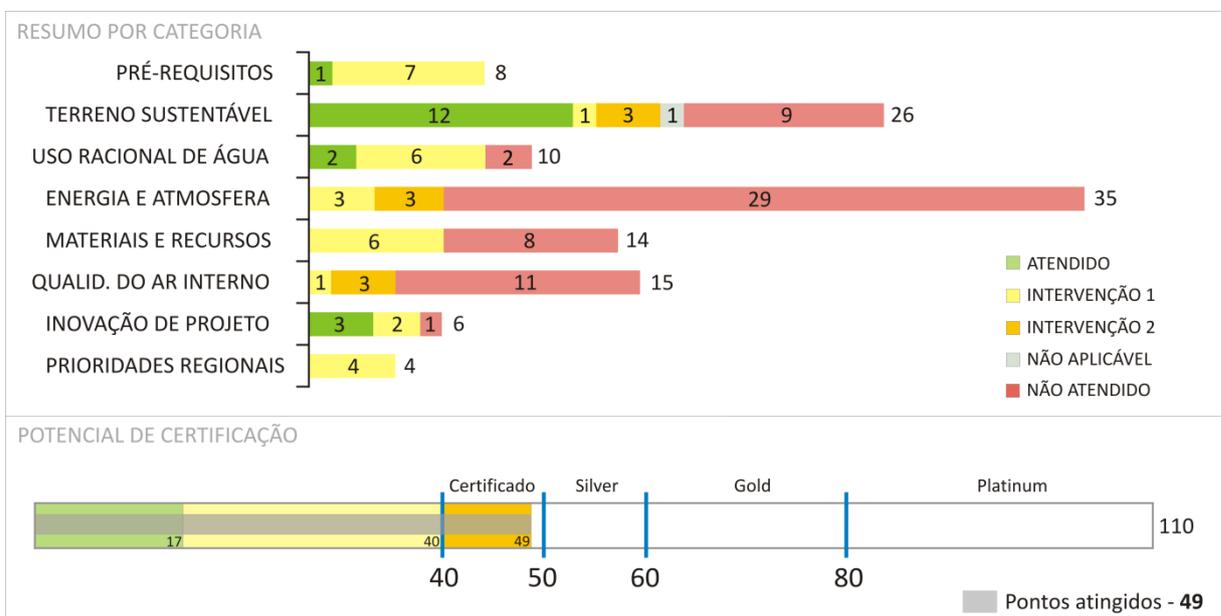
LEGENDA	
AT	ATENDIDO: Atendido, considerando a documentação disponível ou a sua efetiva implantação <i>in loco</i> .
IT1	INTERVENÇÃO NÍVEL 1: Ações menos complexas ou previstas para o empreendimento, necessitando tecnologias e investimentos mais acessíveis.
IT2	INTERVENÇÃO NÍVEL 2: Ações mais complexas, necessitando estudos de viabilidade técnica e econômica.
NAP	NÃO APLICÁVEL: Não se aplica ao projeto por suas características intrínsecas.
NA	NÃO ATENDIDO: As estratégias necessárias para atendimento do crédito não foram e não serão incorporadas.

Fonte: Relatório de status da CTE de janeiro de 2012. Fornecido por Consórcio Maracanã, 2012.

A pontuação da categoria “Terreno Sustentável” na Figura 16 para a Figura 17 variou de 11 para 12 como créditos atendidos (AT). No entanto, o número de créditos possíveis de serem atendidos (IT1) diminuiu de 3 para 1. O número de créditos não atendidos aumentou de 6 para 7 créditos. Os créditos com nível de intervenção 2 (IT2) e os não aplicáveis (NA) permaneceram constantes, com 5 e 1 créditos, respectivamente. Com relação a “Materiais e Recursos”, na Figura 16 constam 8 créditos com nível de intervenção 1 (IT1) e 6 como não atendidos (NA). Já na Figura 17, tem-se 6 créditos com nível de intervenção 1

(IT1), 2 créditos com nível de intervenção 2 (IT2) e 6 créditos não atendidos, diminuindo, assim, o número de créditos possíveis de pontuação de 8 para 6.

A Figura 18 apresenta a meta LEED atingida pelo Consórcio Maracanã em setembro de 2012. A meta geral da certificação LEED atingida pela obra diminuiu, passando de 54 para 49 pontos. A quantidade de créditos atendidos (AT) na categoria “Terreno Sustentável” permaneceu a mesma, com 12 créditos. Porém, aumentaram os créditos não atendidos (NA), passando de 7 para 9, e mantiveram-se os créditos possíveis de serem atendidos (IT1). Na categoria “Materiais e Recursos” foram acrescidos mais dois créditos como não atendidos (NA), passando de 6 para 8. Os créditos com nível de intervenção 1 (IT1), possíveis de pontuar, mantiveram-se 6. Nota-se uma queda com relação aos créditos positivos dos dados referentes a janeiro de 2012 para setembro deste mesmo ano.



**Figura 18** - Resumo da pontuação do projeto em setembro de 2012.

Fonte: Relatório de status da CTE de setembro de 2012. Fornecido por Consórcio Maracanã, 2012.

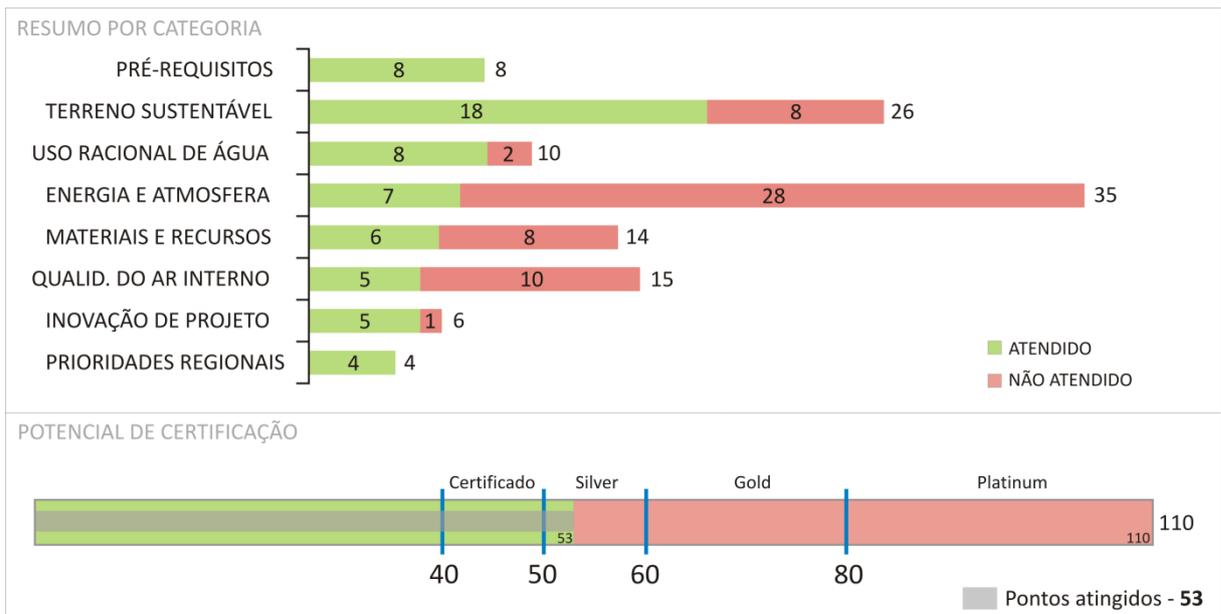
Nesse levantamento, todos os créditos de “Intervenção 2” foram passíveis de serem atingidos de acordo com os dados levantados na obra. No entanto, percebe-se que do ponto de vista de evolução a certificação regrediu, atendendo os mesmos que foram atendidos em janeiro de 2012, apresentando uma redução de créditos possíveis de serem atendidos. Além disso, do levantamento anterior para esse reduziu-se o número de créditos classificados como “Intervenção 2” e aumentaram os “Não atendidos”. Os pontos atingidos reduziram também, passando de 54 para 49, constatando que alguns créditos que eram passíveis de atendimento em janeiro de 2012 não eram mais passíveis de atingir em setembro de 2012, por questões de inviabilidade dos processos.

**Tabela 8 - Classificação do LEED no canteiro de obra do Maracanã em setembro de 2012.**

PRÉ-REQUISITOS E CRÉDITOS			META	STATUS
TERRENO SUSTENTÁVEL		Pontos possíveis		
Prereq 1	Prevenção de Poluição nas Atividades de Construção		<b>Obrigatório</b>	IT1
Crédito 1	Escolha do terreno - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 2	Densidade urbana e comunidade local - <b>5 pontos</b>		SIM	AT
Crédito 3	Recuperação de áreas contaminadas - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 4.1	Transporte Alternativo - Acesso ao transporte público - <b>6 pontos</b>		SIM	AT
Crédito 4.2	Transporte Alternativo - Bicletário e vestiários - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 4.3	Transporte Alternativo - Veículos de baixa emissão e baixo consumo - <b>3 pontos</b>		SIM	IT2
Crédito 4.4	Transporte Alternativo - Estacionamento - <b>2 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 5.1	Desenvolvimento local - Áreas verdes - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 5.2	Desenvolvimento local - Áreas livres de construção - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 6.1	Projeto para drenagem de águas pluviais - Controle de qualidade - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 6.2	Projeto de drenagem de águas pluviais - Controle de qualidade - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 7.1	Ilhas de calor - Não cobertura - <b>1 ponto</b>		SIM	AT
Crédito 7.2	Ilhas de calor - Cobertura - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 8	Poluição luminosa - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
MATERIAIS E RECURSOS		Pontos possíveis	14	
Prereq 1	Depósito de Recicláveis		<b>Obrigatório</b>	IT1
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 55% - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 75% - <b>2 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 95% - <b>3 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 1.2	Manter 50% dos elementos não estruturais internos - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 2	Gestão dos resíduos em obra - 50% fora do aterro - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 2	Gestão dos resíduos em obra - 75% fora do aterro - <b>2 pontos</b>		SIM	IT1
Crédito 3	Reuso de materiais - 5% - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 3	Reuso de materiais - 10% - <b>2 pontos</b>		NÃO	NA
Crédito 4	Conteúdo reciclado - 10% (pós-consumo + ½ pré-consumo) - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 4	Conteúdo reciclado - 20% (pós-consumo + ½ pré-consumo) - <b>2 pontos</b>		SIM	IT2
Crédito 5	Materiais regionais - 10% - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
Crédito 5	Materiais regionais - 20% - <b>2 pontos</b>		SIM	IT1
Crédito 6	Materiais rapidamente renováveis - <b>1 ponto</b>		NÃO	NA
Crédito 7	Madeira certificada FSC - <b>1 ponto</b>		SIM	IT1
LEGENDA				
AT	ATENDIDO: Atendido, considerando a documentação disponível ou a sua efetiva implantação <i>in loco</i> .			
IT1	INTERVENÇÃO NÍVEL 1: Ações menos complexas ou previstas para o empreendimento, necessitando tecnologias e investimentos mais acessíveis.			
IT2	INTERVENÇÃO NÍVEL 2: Ações mais complexas, necessitando estudos de viabilidade técnica e econômica.			
NAP	NÃO APLICÁVEL: Não se aplica ao projeto por suas características intrínsecas.			
NA	NÃO ATENDIDO: As estratégias necessárias para atendimento do crédito não foram e não serão incorporadas.			

Fonte: Relatório de status da CTE de setembro de 2012. Fornecido por Consórcio Maracanã, 2012.

Na Figura 19 tem-se os dados finais do processo de certificação LEED, que datam de maio de 2013. Nela é possível observar um aumento significativo de créditos atendidos (AT) na categoria “Terreno Sustentável” passando de 12 para 18 créditos atendidos e de 9 para 8 não atendidos (NA), enquanto “Materiais e Recursos” permaneceu igual ao relatório anterior, com 6 créditos atendidos (AT) e 8 não atendidos (NA). No panorama geral do último relatório, a pontuação subiu, passando de 49 pontos na análise anterior para 53 pontos na análise final da certificação LEED na obra de reforma do Maracanã.



**Figura 19** - Resumo da pontuação do projeto em maio de 2013.

Fonte: Relatório de status da CTE de maio de 2013. Fornecido por Consórcio Maracanã, 2013.

Portanto, a obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã conseguiu somar 53 pontos na certificação LEED, atingindo o nível “*Silver*”. A obra não atingiu maior pontuação por causa das dificuldades encontradas no processo de construção, por se tratar de uma obra de reforma de um edifício de grande porte e principalmente por não conseguir pontuar em critérios que exigem determinadas ações complexas de serem atingidas nesse tipo de obra, tal como os critérios referentes à categoria “Energia e atmosfera”.

Com esse resultado, o Estádio Maracanã está pleiteando a certificação *Silver*. Porém, a mesma somente será confirmada após o processo de comissionamento que será concluído após cerca de seis meses da data de entrega da obra.

Na Tabela 9, estão presentes todos os créditos que compõem as categorias “Terreno Sustentável” e “Materiais e Recursos” da certificação LEED, onde são apresentados, de acordo com a pontuação presente na Figura 19, os créditos que foram e que não foram atendidos pela obra de reforma do Maracanã.

Nas visitas realizadas a obra do Estádio Maracanã e a partir de relatórios, foram levantados alguns dados com relação à aplicação da certificação LEED no local para atender aos requisitos propostos pelo certificador, buscando a sustentabilidade da obra.

Buscou-se levantar, de acordo com os estudos realizados e a partir da análise dos gráficos referentes à certificação LEED na obra do Maracanã, as causas para o não atendimento de determinados créditos, se essas causas foram devido a falhas no processo

construtivo, problemas de adaptação da certificação norte-americana à realidade brasileira, e de que forma esses critérios podem chegar a ser atingidos.

**Tabela 9** - Classificação do LEED no canteiro de obra do Maracanã em maio de 2013.

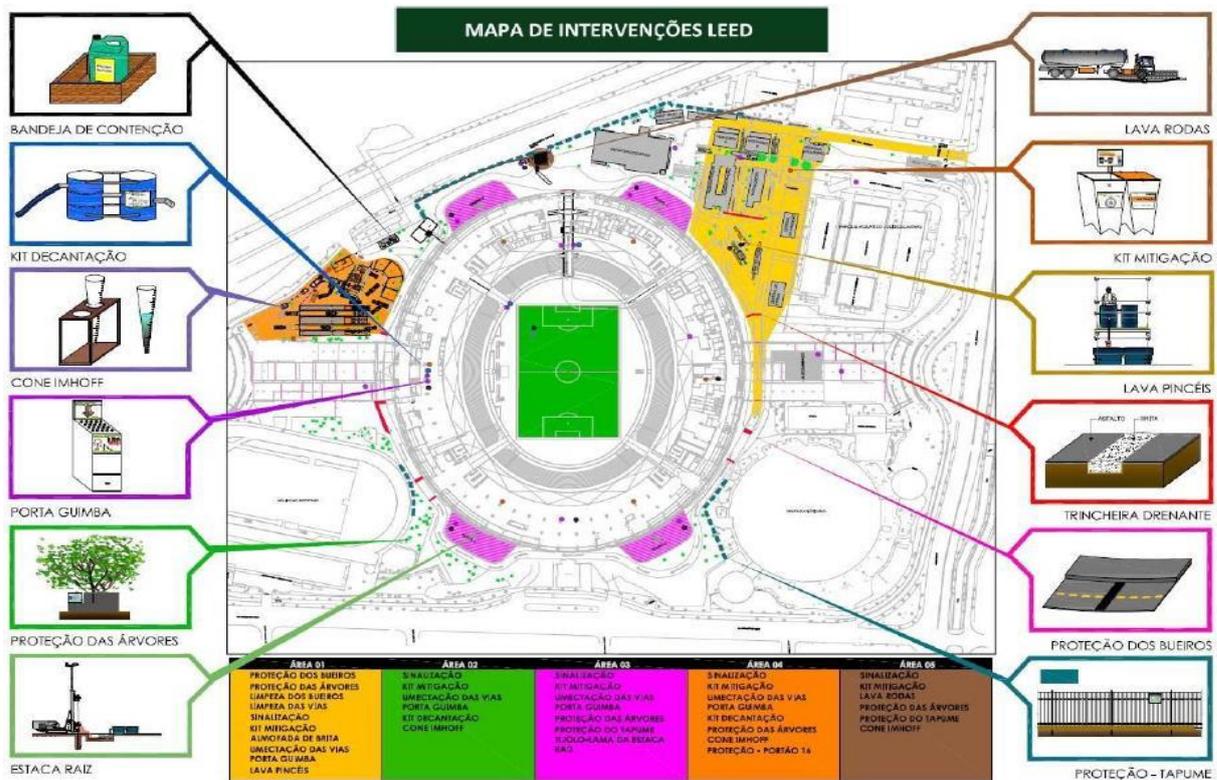
<b>PRÉ-REQUISITOS E CRÉDITOS</b>			<b>META</b>
<b>TERRENO SUSTENTÁVEL</b>	<b>Pontos possíveis</b>	<b>26</b>	
Prereq 1	Prevenção de Poluição nas Atividades de Construção		<b>Obrigatório</b>
Crédito 1	Escolha do terreno - <b>1 ponto</b>		SIM
Crédito 2	Densidade urbana e comunidade local - <b>5 pontos</b>		SIM
Crédito 3	Recuperação de áreas contaminadas - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 4.1	Transporte Alternativo - Acesso ao transporte público - <b>6 pontos</b>		SIM
Crédito 4.2	Transporte Alternativo - Bicletário e vestiários - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 4.3	Transporte Alternativo - Veículos de baixa emissão e baixo consumo - <b>3 pontos</b>		SIM
Crédito 4.4	Transporte Alternativo - Estacionamento - <b>2 pontos</b>		SIM
Crédito 5.1	Desenvolvimento local - Áreas verdes - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 5.2	Desenvolvimento local - Áreas livres de construção - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 6.1	Projeto para drenagem de águas pluviais - Controle de qualidade - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 6.2	Projeto de drenagem de águas pluviais - Controle de qualidade - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 7.1	Ilhas de calor - Não cobertura - <b>1 ponto</b>		SIM
Crédito 7.2	Ilhas de calor - Cobertura - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 8	Poluição luminosa - <b>1 ponto</b>		NÃO
<b>MATERIAIS E RECURSOS</b>	<b>Pontos possíveis</b>	<b>14</b>	
Prereq 1	Depósito de Recicláveis		<b>Obrigatório</b>
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 55% - <b>1 ponto</b>		SIM
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 75% - <b>2 pontos</b>		NÃO
Crédito 1.1	Reúso do edifício - Manter 95% - <b>3 pontos</b>		NÃO
Crédito 1.2	Manter 50% dos elementos não estruturais internos - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 2	Gestão dos resíduos em obra - 50% fora do aterro - <b>1 ponto</b>		SIM
Crédito 2	Gestão dos resíduos em obra - 75% fora do aterro - <b>2 pontos</b>		SIM
Crédito 3	Reuso de materiais - 5% - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 3	Reuso de materiais - 10% - <b>2 pontos</b>		NÃO
Crédito 4	Conteúdo reciclado - 10% (pós-consumo + ½ pré-consumo) - <b>1 ponto</b>		SIM
Crédito 4	Conteúdo reciclado - 20% (pós-consumo + ½ pré-consumo) - <b>2 pontos</b>		NÃO
Crédito 5	Materiais regionais - 10% - <b>1 ponto</b>		SIM
Crédito 5	Materiais regionais - 20% - <b>2 pontos</b>		SIM
Crédito 6	Materiais rapidamente renováveis - <b>1 ponto</b>		NÃO
Crédito 7	Madeira certificada FSC - <b>1 ponto</b>		NÃO

Fonte: Relatório de status da CTE de maio de 2013. Fornecido por Consórcio Maracanã, 2013.

Esta obra como qualquer outra obra de grande porte apresentou dificuldades para se certificar como sustentável, pois deve existir uma preocupação em vários setores e estes devem estar interligados. De acordo com o passar do tempo, a ideia de sustentabilidade foi sendo difundida com facilidade entre os trabalhadores da obra e, assim, possibilitando a implantação de ações que contribuam para a busca da sustentabilidade.

### 6.2.3 Análise das ações com princípios de sustentabilidade implantadas no canteiro de obra do Maracanã relativas às categorias LEED selecionadas

Para o cumprimento dos critérios LEED, algumas ações foram implantadas no canteiro, conforme mostra a Figuras 20, também em anexo, no Anexo 7.



**Figura 20** - Mapa com estratégias implantadas no Maracanã a partir dos critérios LEED.

Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

#### 6.2.3.1 Terreno sustentável - Prevenção de poluição nas atividades de construção

Para atender ao pré-requisito “Prevenção de poluição nas atividades de construção” e obter os créditos/pontos referentes à categoria “Terreno sustentável”, algumas ações foram tomadas no canteiro de obra do Maracanã. Essa categoria da certificação LEED busca proporcionar aos empreendimentos a minimização do impacto nos ecossistemas e corpos hídricos, o controle de enxurradas (quantidade e qualidade), a redução de erosões, a minimização dos impactos com transporte, a prevenção da poluição luminosa e a redução dos impactos com as ilhas de calor.

Para atendimento deste pré-requisito foram adotadas medidas de minimização dos impactos de obra, referentes ao canteiro, durante a obra no Maracanã. Foram implementadas 16 estratégias durante a obra buscando controlar a poluição de atividades da obra (vedação de tapumes; estabilização de vias; aspersão de água em vias a fim de evitar a geração de poeira;

uso de bandejas para contenção de vazamentos; proteção de bocas de lobo). Desta forma, um Plano de Prevenção e Controle dos Processos Erosivos, Sedimentação e Poluição da Construção foi elaborado, levando em consideração os aspectos ambientais do terreno que necessitam mitigação dos impactos provocados pela atividade de construção (terraplenagem, uso de combustíveis e remoção de vegetação). Para uma melhor análise dos dados, cada ação foi anotada, verificada *in loco*, mensurada e feita uma avaliação de seus impactos.

Por tratar-se de uma obra de reforma de uma edificação, no caso o Estádio Maracanã, onde houve demolição de áreas internas do empreendimento, tais como a cobertura, a arquibancada inferior, o balanço da arquibancada superior, bem como dos seus agregados, como ferragem e cadeiras, o Consórcio Maracanã executou gestão adequada do canteiro de obra para o atendimento do pré-requisito “Prevenção de poluição nas atividades de construção”. Foi retirado do local o material proveniente da demolição, logo após sua demolição, separando e destinando corretamente esse resíduo, o que representou 75% de reaproveitamento de resíduos da obra, compreendendo reuso do material na obra e destinação correta dos demais resíduos. Além disso, a escolha de um sistema construtivo industrializado (pré-fabricado) foi importante para a minimização dos impactos de obra que poderiam afetar os edifícios do entorno imediato.

“Escolha do terreno” foi um crédito atendido analisando a localização da obra, facilidade de acesso e tamanho do terreno. Por se tratar de um edifício já consolidado e importante na malha urbana, a obra do Maracanã não apresentou problema em pontuar esse crédito. As premissas do LEED visam a preservação de área rural, não podendo ser levantada nenhuma edificação nesse tipo de área, tampouco em área não desenvolvida inundável, área de habitat de espécies animais e vegetais protegidas por legislação, área reservada para mata ciliar, área de preservação permanente e área destinada a parques públicos. Atende-se a este crédito por meio da apresentação por parte do Governo do Estado do Rio de Janeiro (proprietário da Arena Maracanã) da Licença Ambiental Municipal LMI n- 000486/2010 para reforma da Arena Maracanã, emitida pela Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (CONSÓRCIO MARACANÃ, 2012).

Com relação ao crédito “Densidade urbana e comunidade local”, o empreendimento está inserido em uma área previamente desenvolvida. Dentro de um raio de 805 metros existem áreas residenciais com mais de 10 unidades por Acre<sup>5</sup> e mais de dez

---

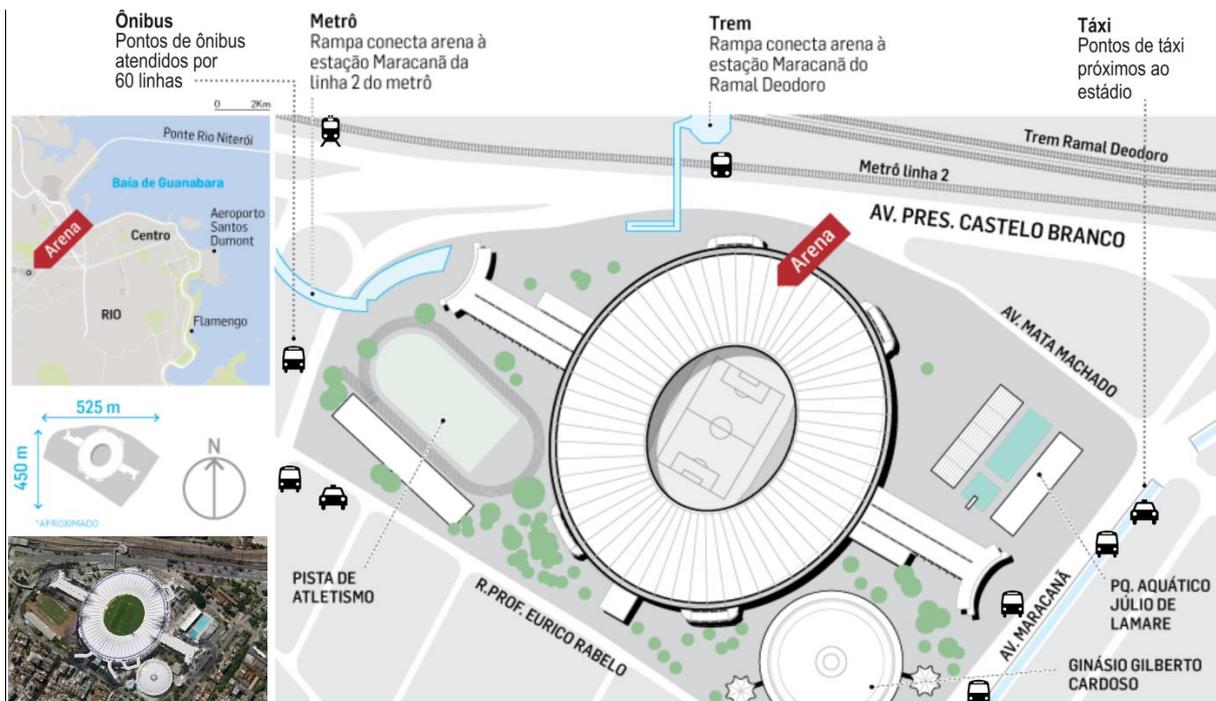
<sup>5</sup> Acre é o nome de uma unidade de medida de área que equivale a 4.046,8564224 m<sup>2</sup>. Unidade utilizada pela empresa certificadora para avaliação dos critérios LEED na obra do Maracanã.

serviços básicos (padrão mínimo LEED) acessíveis ao usuário como supermercado, templo religioso, salão de cabeleireiro, restaurante, academia de ginástica, agência bancária, farmácia, hospital, drogaria, padaria e escola.

O crédito “Recuperação de áreas contaminadas” não foi atendido pela obra, pois esse crédito não é aplicável ao projeto, uma vez que para isso a mesma deveria estar inserida em um terreno contaminado ou degradado para recuperação da área, o que não é o caso do Estádio Maracanã.

Para atingir o crédito de “Transporte alternativo e acesso ao transporte público” foram apresentadas algumas ações já existentes e outras foram tomadas. Segundo levantamento feito da infraestrutura de transporte coletivo de massa pré-existente no entorno da Arena Maracanã, verificou-se que esta possui integração com o transporte público, próximo a uma estação de metrô, uma estação de trem e inúmeros pontos de ônibus e táxis. O empreendimento possui acesso à Estação Maracanã (trens de superfície) já em operação e mais de 60 linhas de ônibus que atendem o estádio. Neste cenário de oferta de transporte público foi possível atender ao crédito e ganhar um ponto extra por performance exemplar.

Na Figura 21 tem-se o mapa de localização do Estádio Maracanã apresentando a região onde está localizado, os acessos ao edifício, meios de transporte do entorno como ônibus, metrô, trem e táxis.



**Figura 21** - Mapa de acessos e meios de transporte disponíveis no entorno do Maracanã.

Fonte: Adaptado de Estadão, 2013. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/especiais/maracana-fica-mais-moderno-sem-abrir-mao-de-sua-historia,182163.htm>. Acesso em: 15 fev. 2013.

Nos estacionamentos do estádio foram fornecidas vagas preferenciais para veículos com baixa emissão e baixo consumo na proporção de 5% do total de vagas disponíveis. Em estacionamentos pagos, a alternativa foi fornecer desconto mínimo de 20% para veículos de baixa emissão e baixo consumo.

O crédito “Transporte Alternativo, Bicletário e vestiários” não foi atendido por entender que seria inviável ceder espaço no estacionamento para propor vagas de bicicletas para 5% dos usuários em dias de jogos, considerando o período de pico, que segundo levantamento chegaria a 3.796 vagas.

O Maracanã possui, após a reforma, 358 vagas de estacionamento projetadas no nível inferior. Antes da reforma eram 152 vagas. Para atender ao crédito “Transporte alternativo – estacionamentos” foi necessário disponibilizar 21 vagas preferenciais para veículos ecológicos. Levaram-se em consideração as exigências legais de número máximo de vagas para estacionamento (358 vagas). O projeto de arquitetura demarca 5% das vagas (18 unidades) para carona solidária (*carpool / vanpool*). Além disso, atendeu-se também ao crédito “Transporte Alternativo, Veículos com baixa emissão e baixo consumo”, referente a estacionamento, uma vez que para atendê-lo faz-se a exigência de estar presente no projeto e no empreendimento 18 vagas preferenciais para veículos de baixa emissão ou 11 vagas com postos de abastecimento de veículos elétricos. No caso estão presentes no estacionamento do Maracanã as 18 vagas preferenciais, atendidas pelo crédito anterior, pois veículos elétricos não são usuais no país, não se adaptam à realidade local, ainda não é difundido seu uso.

Por não apresentar nenhuma área verde além do gramado, que não é considerado área verde por ser uma monocultura que não promove a biodiversidade, o crédito “Desenvolvimento local, Áreas verdes” não foi atendido. As árvores presentes no canteiro não são consideradas nessa contagem, pois não fazem parte da área a ser certificada, considerando que apenas a arena será certificada.

Para atender o crédito “Desenvolvimento local, Área livre de construção” seria preciso estar presente no empreendimento uma área correspondente a 20% da área do terreno, cujo valor seria de 64.237m<sup>2</sup> de área não construída. No entanto, a única área não edificada presente no estádio é o gramado com 8.967m<sup>2</sup>. Portanto, esse crédito não foi atendido.

O crédito “Projeto para drenagem de águas pluviais, Controle de Quantidade” visa reduzir a área impermeável do empreendimento. Para atendê-lo, este deve apresentar uma área impermeável igual ou menor a 50% da área do terreno. No caso do Maracanã a área

impermeável corresponde a 87% da área do terreno. Para solucionar esse problema, o LEED propõe como alternativa reduzir em 25% o volume e a vazão do escoamento de água pluvial da situação original, o que corresponde a 1.390 m<sup>3</sup>. No entanto isso não foi previsto na fase de projeto, o que inviabilizou o atendimento desse crédito. O mesmo ocorreu com relação ao “Projeto de drenagem de águas pluviais, Controle de Qualidade”, que para atendê-lo seria necessário tratar o escoamento de 90% da média anual de chuva antes de ser enviado para a rede de drenagem pluvial. Mas isso não foi previsto em projeto e não foi executado.

Para atender ao critério “Ilha de calor não-cobertura”, foi projetado 50% das vagas de estacionamento em área coberta, como mostra a Figura 22. O projeto apresentava vagas de estacionamento cobertas pelo próprio estádio, atendendo o crédito. No entanto, o item “Ilha de calor cobertura” não foi atendido devido ao material utilizado na cobertura, pois não reflete a quantidade de calor necessária para pontuar no LEED, sendo exigido um índice de refletância de 78, sendo que a do Maracanã apresenta 70. Todas as vagas de estacionamento existentes dentro dos critérios LEED estão localizadas no pavimento térreo e são cobertas. Com isso, conseguiu-se ponto extra por performance exemplar no capítulo de inovação, uma vez que são exigidas 50% das vagas cobertas para atendimento do crédito.



**Figura 22** - Estacionamento coberto no pavimento térreo do Estádio Maracanã.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

Finalizando a categoria “Terreno Sustentável”, tem-se o crédito “Poluição luminosa”, que também não foi atendido pela obra por se tratar de um crédito complexo e oneroso. Este crédito implica em determinar os níveis de iluminância das áreas do estádio relacionando com a área do terreno. Para buscar o crédito seria preciso fazer um estudo aprofundado de cada área para não ultrapassar os limites exigidos pelo LEED. Em áreas abertas seria mais complicado atender ao crédito. Sendo assim, decidiu-se não atendê-lo.

Uma das ações realizadas na obra do Maracanã foi a retirada do gramado e do *topsoil*. O *topsoil*, conforme Figura 23, é a primeira camada de solo, com cerca de 15 a 20 cm de profundidade, onde está concentrada a matéria orgânica e os nutrientes no solo. Esta terra é ideal para ser reutilizada em paisagismo e na agricultura. O *topsoil* retirado do Maracanã foi

encaminhado para uma empresa especializada em plantio e este foi utilizado no reflorestamento de espécies da mata atlântica.



**Figura 23** - Imagens do *topsoil* retirado do Maracanã.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

Outra ação desenvolvida que pontua no LEED foi o reaproveitamento da lama de perfuração das fundações. Esta ação teve como objetivo reutilizar a lama bentonítica, proveniente do processo de perfuração de estaca raiz e evitar que esta fosse destinada para fins que não reutilizassem o material. Após decantação da lama, o material foi destinado para uma cerâmica licenciada, onde foram produzidos tijolos e telhas que foram utilizados na construção do canteiro de obra do Maracanã, fazendo o reaproveitamento do material na própria obra, conforme ilustram as imagens da Figura 24.



**Figura 24** - Imagens da perfuração de estacas e das telhas e tijolos resultantes da lama.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

O controle de sedimentos por meio de lava-rodas foi outra ação realizada no canteiro de obra do Maracanã. Este procedimento evita que o solo presente nos pneus dos veículos seja levado para fora do canteiro, sujando as vias públicas, gerando poluição na vizinhança e risco de sedimentação na rede pluvial e corpos hídricos. A Figura 25 mostra imagens de ações que visam evitar a saída de solo e lama para fora da obra.



**Figura 25** - Imagens do lava-rodas e do processo de lavagem das rodas dos caminhões.

Para o controle de sedimentos dentro do canteiro foram utilizadas trincheiras de contenção como barreiras físicas para conter sedimentos que poderiam ser carreados em dias de chuva para a rede de drenagem, canais, cursos d'água, rios, córregos e vias públicas, evitando a contaminação das águas. Por foto aérea, conforme mostra a primeira imagem da Figura 26, é possível notar que o sedimento não chega à via pública, ficando retido no interior da obra, mantendo a via limpa, sem resíduos provenientes do canteiro. Essas trincheiras foram feitas com resíduo de concreto proveniente das arquibancadas e cobertura que foram britados e implantados no canteiro para conter a sujeira proveniente da obra e das chuvas.



**Figura 26** - Trincheiras drenantes, sacos de rafia na base do tapume e vista aérea da obra.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

Na obra do Maracanã existia a presença de dois tipos de trincheiras. A trincheira drenante, composta por valas cobertas por brita, que concentra os sedimentos que vem com a água das chuvas, principalmente, e a trincheira tapume feita por meio de sacos de rafia que protegem os tapumes evitando a passagem de sedimentos dentro do canteiro e de dentro do canteiro para a via pública.

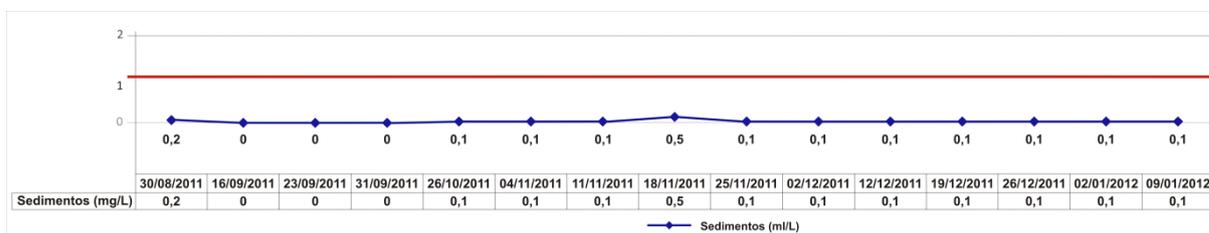
O controle de sedimentos por meio de decantadores é uma ação que visa reduzir a concentração de sólidos na água utilizada, reutilizada e descartada durante a obra. O processo de decantação era realizado em caixas decantadoras construídas no canteiro. Era feita todo mês, uma vez por semana, a análise da água residual captada na obra e que passava por esse processo de decantação, como mostra a Figura 27. Esta análise era realizada por meio do Cone *Imhoff*, instrumento utilizado para determinar a sedimentação natural dos sólidos em suspensão, e tendia a verificar a quantidade de sedimento que estava sendo lançado na rede de águas pluviais. Para atingir a norma e às exigências do LEED, a quantidade de sedimentos não pode ultrapassar a medida de 1mg por litro de água. Todo esse processo foi documentado por meio de fotos e relatórios por membros do Consórcio Maracanã e empresa certificadora.



**Figura 27** - Imagens dos decantadores e da análise pelo Cone *Imhoff*.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

O Gráfico 5 mostra o panorama da análise do Cone *Imhoff* na água decantada do canteiro de obra do Maracanã. Pode-se perceber que a variação da quantidade de sedimentos na água decantada e encaminhada para a rede de esgoto é pequena, não ultrapassando o valor permitido de 1 mg/L. Na maior parte dos ensaios o valor correspondente foi de 0,1 mg e houveram variações de 0,2 mg/L e 0,5 mg/L no dia mais crítico de análise. No entanto, no mês de setembro de 2011 alcançou-se o valor ideal, de 0 mg de sedimentos por litro de água. Esse controle da água do canteiro reutilizada no edifício e encaminhada para a rede pública reduz a quantidade de sedimentos na água e, conseqüentemente, de sedimentos na rede pública. Se essa medida, em conjunto com outras como as trincheiras, não fosse implantada, todo esse sedimento iria para fora do canteiro, gerando problemas de saneamento e danos a saúde pública.

**Gráfico 5** - Acompanhamento de ensaios *Imhoff* - Sólidos sedimentáveis.



Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

Após a remoção do gramado, área considerável de solo ficou exposta às intempéries, aumentando risco das chuvas carregarem sedimentos para a galeria de águas pluviais. Por meio de bombeamento, a água das galerias foi encaminhada para um sistema móvel de decantação (Figura 28), construído a partir de materiais reaproveitados da própria obra. Ensaio com o cone *Imhoff* eram realizados semanalmente para verificar a eficiência do sistema quanto ao controle de sedimentos na água decantada, buscando estabelecer a quantidade de estágios de decantação necessários até atingir o limite máximo de 1 mg de sedimentos por litro de água.



**Figura 28** - Decantadores móveis para controle de sedimentos na obra do Maracanã.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

Outra forma de controle de sedimentos era realizada através da proteção de bueiros, conforme mostra a Figura 29. Todos os bueiros e bocas de lobo foram protegidos com manta de bidim e travesseiro de brita, para evitar o escoamento de sedimentos da obra para canais e cursos d'água ou galerias pluviais, evitando, assim, a contaminação da água.



**Figura 29** - Imagens dos bueiros protegidos do canteiro de obra do Maracanã.

Conforme mostra a Figura 30, a base das árvores foi protegida. A proteção foi feita para evitar depósito de produtos que contaminam a base das árvores e para evitar o impacto de máquinas e equipamentos nos troncos das mesmas. Existem no canteiro do Maracanã espécies raras de árvores como o Pau-Brasil por exemplo. Todas as árvores foram etiquetadas com um número e o nome da espécie ajudando no processo de educação ambiental.



**Figura 30** - Imagens das proteções das árvores do Maracanã.

### 6.2.3.2 Materiais e recursos – Depósito de recicláveis

Com relação à categoria “Materiais e Recursos”, algumas ações foram tomadas para atender ao pré-requisito “Depósito de recicláveis”. Uma vez que a responsabilidade pela destinação final dos resíduos coube a outra empresa que não a que desenvolveu o processo de sustentabilidade da obra, todo o processo de destinação teve que ser documentado para validar

o crédito e pontuar. Assim, para a empresa responsável pela destinação do resíduo bastava atender às exigências legais do Governo do Estado que é a de mandar os resíduos para o aterro sanitário. Mas esta prática, no entanto, não é sustentável, uma vez que se leva para o aterro materiais reaproveitáveis, e isso também não pontua no LEED. Devido a isso, o controle por parte do Consórcio com relação a esse requisito foi intenso.

Com relação ao depósito de recicláveis, foi prevista em projeto e estabelecida no *layout* do canteiro uma área de fácil acesso, localizada no pavimento térreo, que atendesse todo o edifício, para coletar e acondicionar recicláveis. Além disso, houve o desenvolvimento de um Programa de Reciclagem e Coleta Seletiva para conscientização dos trabalhadores, visitantes e colaboradores, incluindo logística interna, transporte e destinação final. Foi desenvolvido, ainda, um Plano de Gestão de Resíduos para uso do empreendimento, onde consta: detalhes de plantas e projetos que indicam os depósitos nos andares, depósito central, perfil de geração (estimativa) e o programa de comunicação visual e de educação que instruíu os usuários quanto à coleta seletiva. Com essa iniciativa de gestão de resíduos na obra, compreendendo segregação dos materiais, reutilização e encaminhamento para empresas certificadas que dão destinação adequada para o resíduo, reciclando-o, a obra do Maracanã buscou e conseguiu desviar do aterro sanitário 75% do seu resíduo.

Foram mantidas 55% das estruturas, fachadas e vedações verticais existentes no projeto original, com base na área de superfície estrutural construída, cumprindo, assim, o crédito “Reuso do edifício”. As alterações com relação ao edifício deram-se no interior do mesmo, não alterando a estrutura e a envoltória da edificação, contribuindo para o atendimento do crédito que poderia pontuar mais caso a porcentagem de reuso fosse maior. Desta forma, não atendeu ao crédito seguinte “Manter 50% dos elementos não estruturais internos”, pois parte considerável das vedações internas foi demolida. A Tabela 10 mostra as áreas existentes, as que foram subtraídas da edificação do Estádio Maracanã e as que foram acrescidas, totalizando a área final de reforma e adequação em cada pavimento.

**Tabela 10** - Áreas a demolir e construir

NÍVEL	ÁREA EXISTENTE	ÁREA A SUBTRAIR	ÁREA A ADICIONAR	ÁREA FINAL
<b>SUBSOLO</b>	3.459,05 m <sup>2</sup>	3.459,05 m <sup>2</sup>	-	0,00 m <sup>2</sup>
<b>0,00</b>	20.738,11 m <sup>2</sup>	-	25.529,65 m <sup>2</sup>	46.267,76 m <sup>2</sup>
<b>4,50</b>	23.820,97 m <sup>2</sup>	3.651,27 m <sup>2</sup>	13.342,67 m <sup>2</sup>	33.512,37 m <sup>2</sup>
<b>9,00</b>	21.081,68 m <sup>2</sup>	-	8.692,56 m <sup>2</sup>	29.774,24 m <sup>2</sup>
<b>12,50</b>	3.915,14 m <sup>2</sup>	-	13.864,68 m <sup>2</sup>	17.779,32 m <sup>2</sup>
<b>18,50</b>	2.978,05 m <sup>2</sup>	-	666,51 m <sup>2</sup>	3.644,56 m <sup>2</sup>
<b>23,00</b>	10.780,66 m <sup>2</sup>	-	1.885,87 m <sup>2</sup>	12.666,53 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	86.773,66 m <sup>2</sup>	7.110,32 m <sup>2</sup>	63.981,94 m <sup>2</sup>	143.645,28 m <sup>2</sup>

Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

O setor de Meio Ambiente cuidou para que os resíduos sólidos gerados pela obra fossem segregados e estocados temporariamente em baias de separação de resíduos, com piso estabilizado, cobertas, sinalizadas e isoladas, dispostas estrategicamente para receber os resíduos descartados na obra, como mostra a Figura 31, apresentando tamanho adequado e facilidade de acesso. Em seguida eram encaminhados para diferentes alternativas de gerenciamento de resíduos, tais como: reciclagem, recuperação, reutilização, tratamento ou disposição final adequada, que atendessem aos requisitos legais. Parcela relevante dos resíduos reciclados da obra foi utilizada na própria obra, como a aplicação do resíduo retirado do edifício para a montagem dos elementos presentes no canteiro como escritórios, refeitórios, sanitários, confecção de telhas e murais. Desta forma, a prática auxiliou a alcançar a meta LEED de 75% de desvio de destinação de resíduos para aterros sanitários.



**Figura 31** - Baias de separação e pontos de armazenamento temporário dos materiais.

O LEED exige fornecer área para coleta e acondicionamento de recicláveis, incluindo, no mínimo, os seguintes materiais: papel, papelão, vidro, plásticos e metais. No entanto, no canteiro do Maracanã estavam presentes também baias de separação de lâmpadas fluorescentes, resíduos perigosos, madeira e resíduos orgânicos. Dentro do canteiro foram instaladas lixeiras seletivas nas quais eram separados os materiais recicláveis, descartados pelos funcionários, sendo, também, uma iniciativa de educação ambiental.

Os resíduos provenientes da reforma do Maracanã foram destinados para reutilização e reciclagem, retornando para o ciclo da construção. Utilizou-se na obra materiais advindos da demolição e descarte da mesma, observando as restrições técnicas e ambientais de cada material, como por exemplo, o concreto britado que foi aplicado nas trincheiras, agregado para concreto não estrutural e reforço do solo. A lama, proveniente da fundação e movimentação de terra e retirada do gramado foi encaminhada para olarias para a fabricação de telhas e tijolos. Parte desse material produzido com a lama foi reutilizado no próprio canteiro. Papéis, plásticos, madeira, metais e lâmpadas foram encaminhados para reciclagem. As cadeiras retiradas das arquibancadas foram reaproveitadas em escolas, ginásios e demais estádios.

Os resíduos da obra destinados à reciclagem ou reaproveitados na própria obra superaram as metas e a triagem foi executada de acordo com os parâmetros LEED. Ao final da obra, a quantidade (em volume) desviada de aterros foi maior que 90%, excluindo-se resíduos perigosos e solo/terra. Sete funcionários (pico de geração) trabalharam exclusivamente na triagem dos resíduos e 20 empresas (reciclagem / triagem / aterro) foram envolvidas no processo de gestão de resíduos.

Conforme dito anteriormente, parte dos resíduos gerados foram reutilizados na própria obra, não sendo considerados como resíduo para descarte. Um dos créditos presentes na categoria “Materiais e Recursos” é o crédito de “reuso de materiais”, onde para pontuar é preciso utilizar na obra de 5% a 10% do resíduo gerado pela própria obra. Apesar da quantidade de resíduo gerado e reutilizado na obra, o Maracanã não conseguiu pontuar nesse crédito, não atingindo a meta mínima de 5%. No entanto, o concreto proveniente da demolição das arquibancadas e cobertura não foi considerado nesse cálculo, pois não foi contabilizado mensalmente. Caso fosse considerado, o empreendimento poderia ter pontuado nesse crédito, pois a geração de concreto britado foi de 15 mil toneladas, totalmente reutilizada na obra.

O papa lâmpadas (Figura 32) é um equipamento que estava presente no canteiro do Maracanã. Ele retira o mercúrio das lâmpadas fluorescentes deixando apenas o vidro. As lâmpadas são quebradas no interior do tambor, separando os sólidos, filtrando particulados em suspensão e encaminhando o vapor de mercúrio para um contentor. O mercúrio é reutilizado como matéria-prima para a indústria farmacêutica ou para a produção de termômetros.



**Figura 32** - Papa lâmpadas e das lâmpadas recicladas no canteiro de obra do Maracanã.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

O lava pincéis (Figura 33) é um sistema de lavagem de ferramentas de pintura que evita contaminação do solo e da água por meio da lavagem desordenada de pincéis e rolos. O sistema permite tratar a água saturada de tinta e reutilizá-la no processo de limpeza das

ferramentas em circuito fechado. Esse processo permite a decantação do material contaminante. O resíduo formado no tratamento da água era destinado para empresas certificadas que reutilizam esse material em novos produtos.



**Figura 33** - Imagens do lava pincéis do canteiro de obra do Maracanã.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2013.

Outra atividade realizada para a prevenção da poluição nas atividades de construção, agora referente à qualidade do ar, é a utilização de caminhões pipas e varrição, conforme Figura 34, que apresenta imagens do canteiro de obra do Maracanã. Os caminhões pipa eram os responsáveis por cuidar da redução da geração de poeira por meio da umectação de material demolido e vias internas. A atividade de varrição também apresentava cuidados para gerar a menor quantidade de poeira possível, jogando sempre um pouco de água antes de passar a vassoura, contribuindo para uma melhoria na qualidade do ar interno para os trabalhadores e vizinhança.



**Figura 34** - Varrição e aspersão de água por caminhões pipa para controle de poeira.

Alguns materiais que foram utilizados na obra possuem conteúdo reciclado como as armações das estruturas de concreto, o anel de compressão metálico da cobertura, a estrutura metálica da arquibancada intermediária, e os cimentos CPII e CPIII empregados na produção do concreto os quais possuem escória de alto forno nas suas composições. A escória de alto forno está presente em resíduos da produção do aço, é um resíduo das siderurgias. A soma das porcentagens de pós-consumo mais a metade das porcentagens de pré-consumo

devem constituir, pelo menos, de 10% a 20% do custo total de materiais do empreendimento (excluindo mão-de-obra de instalação) para atender ao crédito LEED referente a materiais com conteúdo reciclado. Foram utilizados ao final da obra mais de 10% de materiais com conteúdo reciclado em relação ao custo total de materiais (desconsiderando mão-de-obra de instalação), atingindo o crédito. O conteúdo reciclado foi calculado com base no peso do material e os conceitos de pós-consumo e pré-consumo seguiram a ISO 14021 (2004), excluindo dos cálculos os materiais mecânicos, elétricos e hidrossanitários. O pós-consumo é definido como a reincorporação de resíduos de usuários finais domésticos, comerciais e industriais no produto final, e o pré-consumo é a reincorporação de resíduos industriais por outro processo produtivo (CONSÓRCIO MARACANÃ, 2013).

É preciso atentar para esse critério e analisar até que ponto é viável a utilização de materiais com conteúdo reciclável. É preciso checar se estes materiais estão sendo aplicados por serem eficientes ou apenas para cumprir o critério e pontuar, o que não é significativo para uma obra que busca a qualidade, durabilidade e a sustentabilidade como um todo. Muitas vezes a utilização de materiais reciclados advindos da própria obra ou comprados no mercado com conteúdo reciclável pode tornar a obra mais onerosa e menos durável, quando se utiliza materiais com qualidade não comprovada, o que interfere no custo e na vida útil da edificação, tornando, assim, a obra insustentável, pois infringe pontos importantes dentro do ciclo. A ausência de dados disponíveis em relação ao uso desses materiais impossibilitou essa análise e a contabilização desse material empregado.

Outro quesito que deve se observar, partindo do mesmo pressuposto dos materiais reciclados, é a utilização de materiais regionais. É indiscutível as vantagens de se utilizar um material da região, pois diminui custos com transporte diminuindo a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, contribuindo assim para a qualidade do ar e economia local. No entanto, o cuidado que deve ser tomado é com relação à sua utilização apenas para pontuar, pois muitas vezes os materiais locais não satisfazem a determinada necessidade, mas são utilizados por uma questão comercial. Na obra em estudo foram contabilizados cerca de 30% do custo total dos materiais e produtos empregados na obra (excluindo mão-de-obra de instalação) que tenham sido extraídos, beneficiados e manufaturados em um raio de 800 km do empreendimento. Para pontuar bastava atingir a meta de 10% ou 20%. O raio de influência para a utilização prioritária de materiais regionais para a obra do Maracanã abrange os estados de São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais e parte dos estados do Paraná e Santa Catarina.

Com relação à porcentagem estabelecida pelo LEED para o cumprimento dos créditos “gestão de resíduos em obra”, “conteúdo reciclado” e “materiais regionais” tem-se como referência alguns valores. Quanto mais alta a porcentagem alcançada maior a pontuação. Quando essa porcentagem ultrapassa o máximo exigido pela certificação a obra ganha um ponto extra, de bom desempenho. No entanto, esses valores de referência são valores referentes ao padrão norte-americano do LEED. É possível que estes sejam condizentes com a realidade brasileira ou não, podendo o Brasil atingir um percentual maior, ou mesmo, menor em suas obras para o atendimento desses créditos.

Os compostos orgânicos voláteis (VOC's)<sup>6</sup> são considerados poluentes perigosos, sendo alguns tóxicos e cancerígenos. A inalação destes compostos pode causar efeitos adversos à saúde humana. Atendeu-se na obra de reforma do Maracanã, de acordo com a normativa exigida pela certificação LEED, aos limites de VOC dos produtos aplicados no empreendimento, especificados em projeto.

Os materiais classificados como adesivos, selantes, tintas e revestimentos, utilizados na execução das obras e instalação dos sistemas complementares, possuem monitoramento dos limites de compostos orgânicos voláteis já no processo de aquisição. Esta ação tem como objetivo a redução da quantidade de contaminantes nos produtos, reduzindo a geração de odores indesejados e, conseqüentemente, desconforto aos funcionários e usuários, durante a utilização dos produtos na execução da obra e depois da obra finalizada.

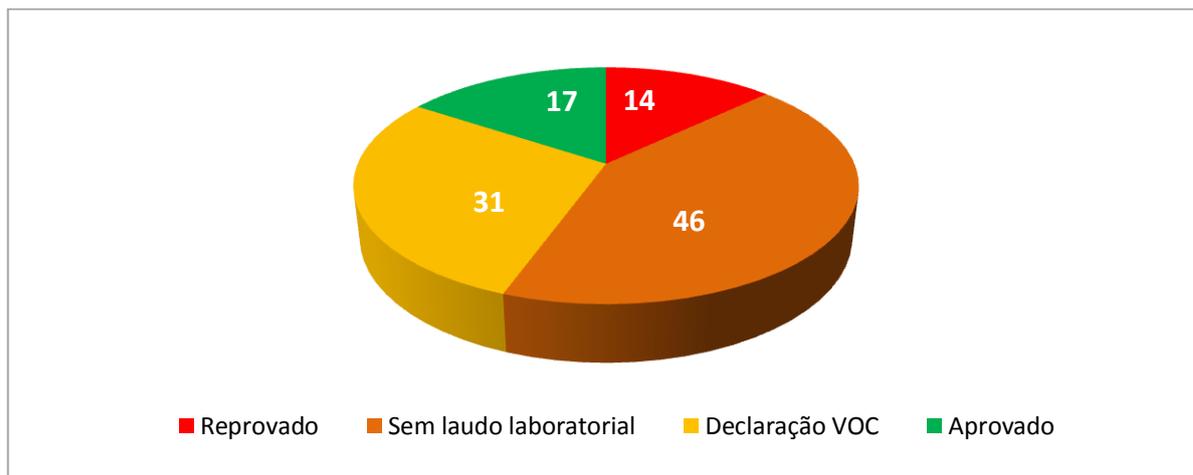
Os limites de compostos orgânicos voláteis são estabelecidos pelas referências normativas do *South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) Rule 1168, Rule 1113 e Green Seal II*, respectivamente para adesivos e selantes, revestimentos e tintas. A obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã obteve dos fornecedores de materiais uma declaração ambiental dos produtos informando seu limite de VOC em g/l. Foram aplicados, ao todo, na obra do Maracanã, 135 produtos com compostos orgânicos, sendo que 18 produtos foram substituídos antes da aplicação.

Os gráficos a seguir mostram a quantidade de produtos com compostos voláteis na obra do Maracanã. O Gráfico 6 apresenta o quantitativo do mês de janeiro de 2012 onde 45% dos produtos foram aprovados ou apresentaram declaração de redução de VOC.

---

<sup>6</sup> Os VOC's (*Volatile Organic Compounds*) ou compostos orgânicos voláteis são produtos químicos orgânicos que tem uma alta pressão de vapor em temperatura ambiente, permitindo que um grande número de moléculas evaporem ou sublimem a partir da forma líquida ou sólida do composto, incorporando ao ar atmosférico, podendo gerar riscos à saúde humana.

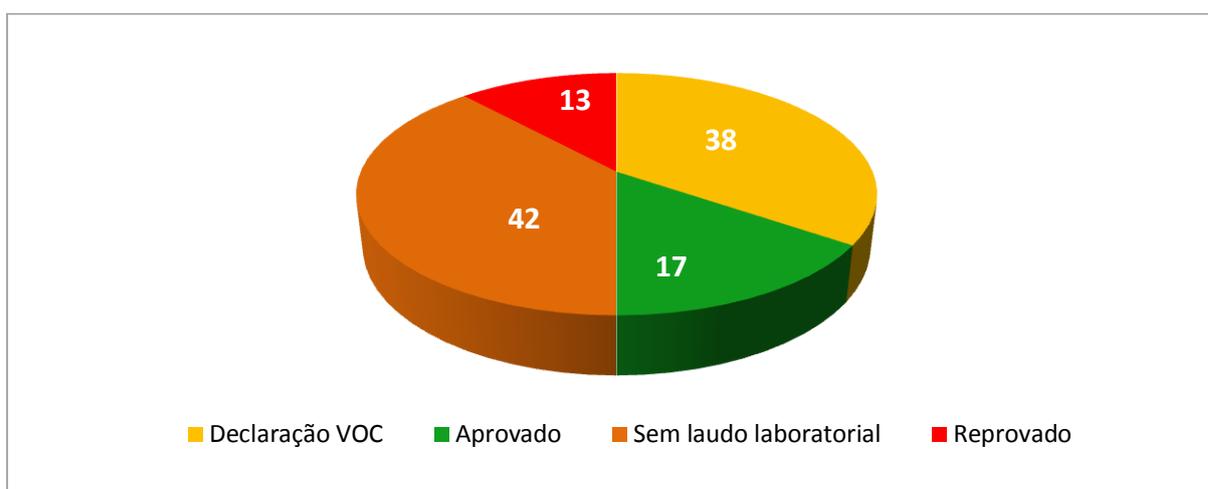
**Gráfico 6** - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em janeiro de 2012.



Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

O Gráfico 7 apresenta uma pequena melhora com relação ao Gráfico 6 no que diz respeito a produtos que apresentam declaração VOC, passando de 31 para 38 de janeiro a fevereiro de 2012 e reduzindo o número de produtos reprovados e que não apresentavam laudo laboratorial.

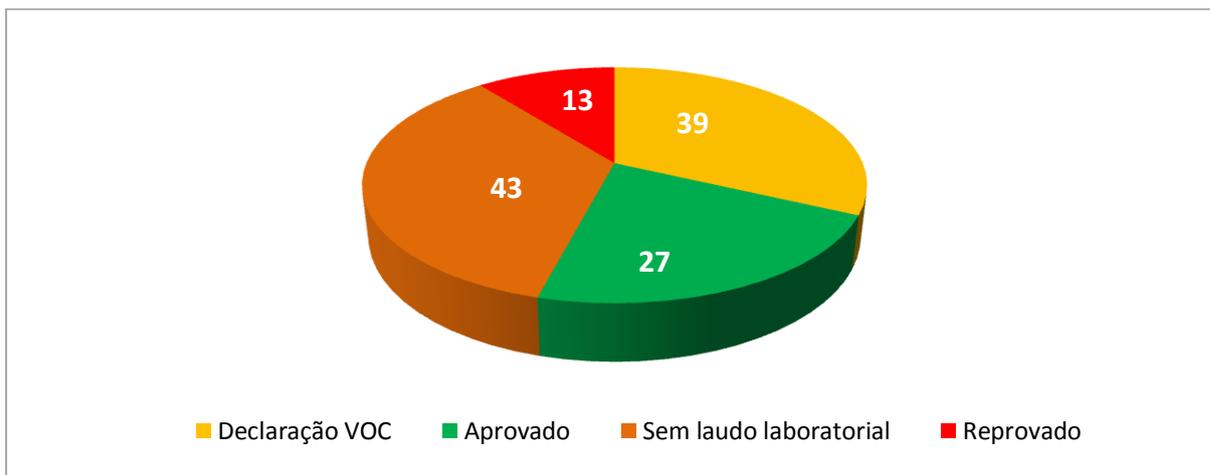
**Gráfico 7** - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em fevereiro de 2012.



Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

Já o Gráfico 8 apresenta um aumento de materiais aprovados do mês de fevereiro para o mês de março de 2012. A quantidade de produtos aprovados passou de 17 para 27. No entanto, o que aumentou foi a quantidade de produtos inseridos e utilizados na obra, onde de 12 produtos acrescidos, um não apresenta laudo laboratorial, outro apresenta declaração VOC e outros dez são aprovados. Apesar do aumento de produtos na obra, a evolução com relação aos compostos é positiva.

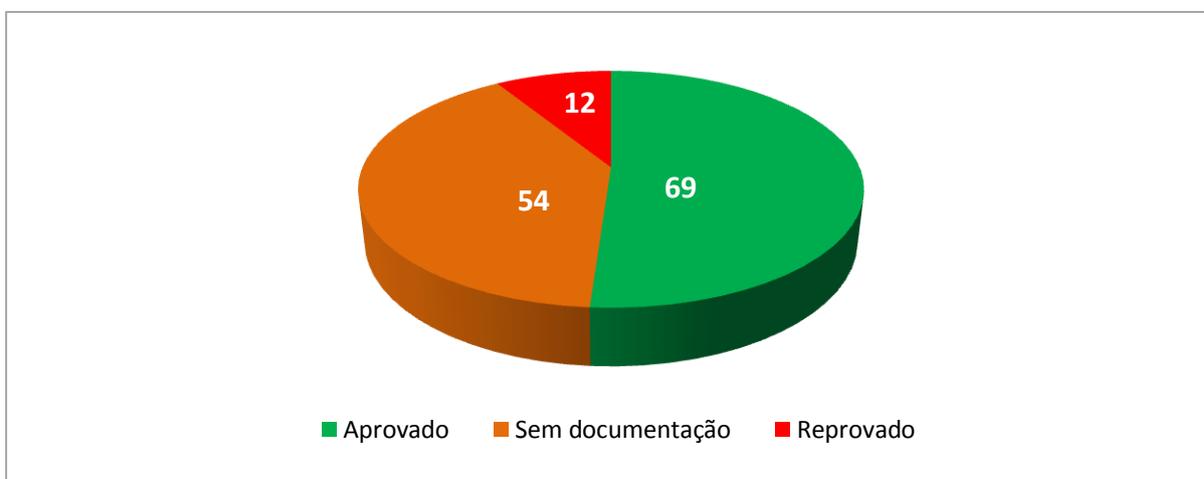
**Gráfico 8** - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em março de 2012.



Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

O Gráfico 9 mostra uma variação significativa com relação ao gráfico do mês anterior, apresentando um aumento dos materiais aprovados. Não constou a presença de materiais com declaração passando esses a terem a classificação aprovado. Percebe-se um aumento de materiais que não apresentam laudo técnico e uma pequena redução de materiais reprovados.

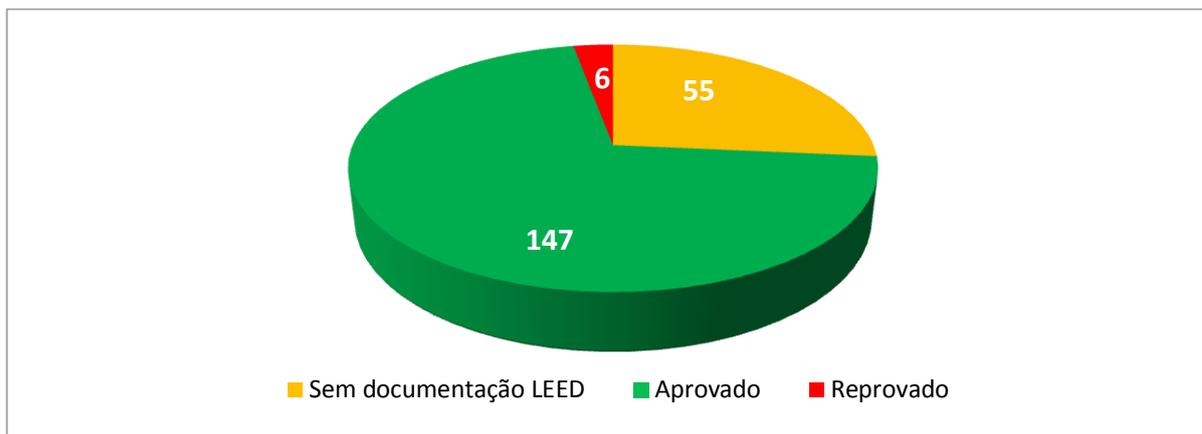
**Gráfico 9** - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em abril de 2012.



Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

Do mês de abril de 2012 para o mês de setembro de 2012 vê-se uma evolução no número de materiais aprovados, saltando de 69 para 147, duas vezes mais produtos aprovados, conforme Gráfico 10. Não apresenta materiais sem documentação e torna a aparecer produtos com declaração VOC. A quantidade de produtos reprovados caiu pela metade.

**Gráfico 10** - Aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã em setembro de 2012.



Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

Os gráficos de aquisição de compostos orgânicos voláteis na obra do Maracanã mostra uma evolução significativa do cumprimento da norma, onde em janeiro de 2012 apresentava 17 produtos aprovados e em setembro do mesmo ano esse número passou para 147. É preciso ressaltar que desta forma a obra não pontua nesse crédito, pois a exigência LEED é que todos os produtos apresentem redução de VOC conforme as normas, e a presença de materiais reprovados existiam na obra.

No mercado da construção civil o uso da madeira ainda é bastante crítico em relação ao atendimento à legislação e também aos processos de certificação como o FSC (*Forest Stewardship Council*). Na obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã existiu um controle sobre os produtos florestais incorporados no projeto pelos projetistas e no procedimento de compra, para atender à legislação federal e ao propósito do consumo de madeira legalizada, identificadas pelo DOF (Documento de Origem Florestal) controlado pelo IBAMA. Para o controle de aquisição de produtos de origem florestal, foram especificados fornecedores e instaladores certificados pelo FSC (CONSÓRCIO MARACANÃ, 2013).

A madeira certificada que pontua no LEED corresponde à madeira que fica na obra quando esta é concluída, como alisares, pisos, portas. No entanto, na obra do Maracanã, além dessa aplicação, a madeira utilizada na obra para construção de baias ou bandejas de serragem, fôrmas, também era certificada e foi reutilizada na obra e encaminhada para a reciclagem após o uso, para confecção de móveis por exemplo. No entanto, não se pontuou nesse crédito, pois não atingiu o mínimo de 50% de madeira incorporada na edificação.

Um elemento presente na obra implementado devido a preocupação com a contaminação do solo pelos materiais é o *kit* mitigação (serragem + lixeira). É um contentor

de madeira composto por serragem gerada na obra, saco plástico e pá anti-chamas, cujo objetivo é a contenção imediata de produtos tóxicos na ocorrência de derramamentos. Localiza-se próximo a equipamentos que apresentam produtos tóxicos, como graxa, óleos, tintas, para serem utilizados no caso desses materiais entrarem em contato com outros e com o solo. É uma espécie de *kit* de emergência, como apresentado na Figura 35. Encontravam-se espalhados pelo canteiro, em pontos estratégicos, cerca de trinta *kits*. Em caso de derramamento de materiais tóxicos no solo, o lacre da lixeira é rompido e retira-se o saco com serragem que é jogado sobre o material contaminante e este é logo em seguida retirado e encaminhado para a baia de resíduos perigosos. Esse procedimento evita que resíduos penetrem o solo chegando aos lençóis freáticos e contaminando a rede de água pluvial.



**Figura 35** - *kit* mitigação e serragem recolhida com material contaminante.

Outro elemento que apresenta a mesma função do *kit* mitigação é a bandeja de contenção com serragem, mas estes ficam fixos em determinados lugares estratégicos, como próximos a máquinas ou até mesmo embaixo de máquinas que apresentam óleos e graxas, para que em caso de derramamento esse material vá direto para a serragem sem contaminar o solo e o canteiro de obra. Elas servem para reter pequenos vazamentos provenientes das atividades que utilizam produtos químicos e oleosos, e apresentam tamanhos variados. Cada máquina, equipamento, estações ou atividades que utilizassem esses produtos podendo ocorrer derramamento apresentava uma bandeja de contenção para evitar o gotejamento diretamente no solo. Na Figura 36 estão presentes algumas imagens de bandejas de contenção na obra do Maracanã.



**Figura 36** - Imagens de bandejas de contenção.

O empreendimento promoveu um programa de educação e capacitação dos agentes envolvidos (incluindo os colaboradores dos escritórios de projeto e fornecedores), através da disseminação de valores voltados para sustentabilidade e construção, promovendo educação ambiental, transmissão de conhecimentos e valores adquiridos em outras obras ou atividades, proporcionando, assim, um avanço em termos de tecnologia dos processos construtivos, reforçando a necessidade do conhecimento tanto ambiental quanto técnico.

Para garantir a aplicação das estratégias adotadas na obra e disseminar uma cultura sustentável, os colaboradores da obra de reforma do Estádio Maracanã receberam constantes treinamentos voltados para a sustentabilidade e processo de construção. A aplicação de treinamentos, destacando a importância da não geração de resíduos, separação e destinação correta dos resíduos gerados no canteiro e de como fazer isso, e a importância da não geração e segregação correta para o meio ambiente exerceu um papel importante nesse sentido, trazendo para todos os funcionários da obra preocupações que antes não existiam com relação ao meio ambiente, além dos processos construtivos para que a redução da geração de resíduos fosse possível. Esses treinamentos eram frequentes na obra, realizados entorno de 10 mensais por equipe de trabalho e área, e um treinamento geral mensal envolvendo todos os funcionários, onde se buscava por meio desses treinamentos conscientizar os funcionários e colaboradores da importância da aplicação de práticas sustentáveis e o cumprimento dos requisitos LEED no canteiro. A Figura 37 apresenta imagens de treinamentos dos funcionários e colaboradores da obra do Maracanã.



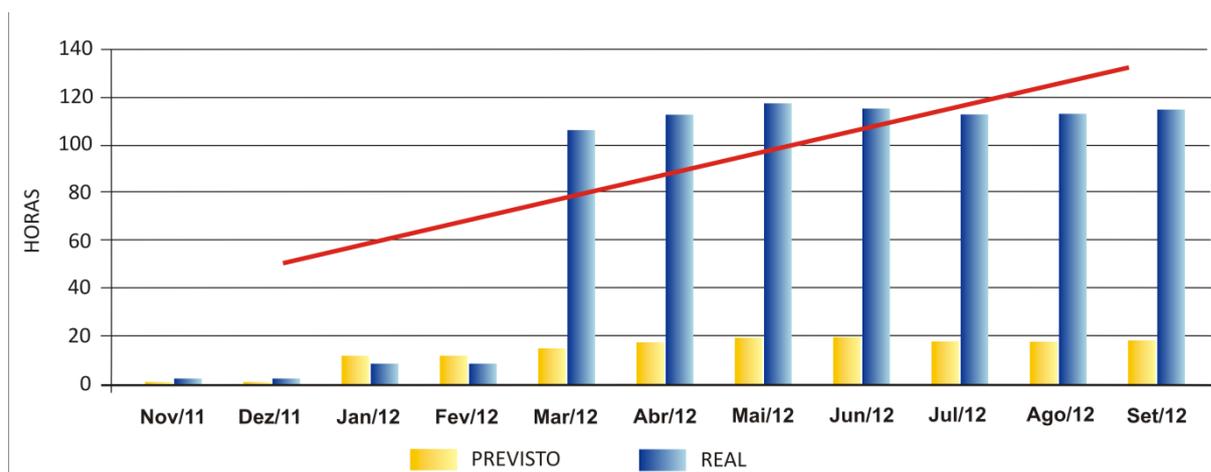
**Figura 37** - Imagens dos treinamentos no canteiro de obra do Maracanã.  
Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

Treinamentos geram custos. No entanto, quando o conhecimento é absorvido esse custo reduz e isso passa a ser normal. Reduz os custos de obra, e então, o custo do treinamento é compensado. Muda-se, portanto, o parâmetro, exigindo mais do colaborador.

Diante do apresentado no Gráfico 11, com relação à carga horária dos treinamentos, percebe-se que no início da obra, agosto de 2010, não existia preocupação de conscientizar funcionários e colaboradores por meio de treinamentos e tampouco mudar

paradigmas. Essa preocupação aparece em novembro de 2011, após a exigência do LEED na obra, que ocorreu em junho de 2011. Em relação à quantidade de horas despendidas para os treinamentos percebe-se um crescimento linear dos treinamentos aplicados na obra. Em novembro de 2011, quando se iniciou este projeto de capacitação, os treinamentos se encaixavam em treinamentos corriqueiros sobre técnicas construtivas e demais filosofias das empresas do Consórcio. Do mês de novembro de 2011 para o mês de fevereiro de 2012 a variação de horas de treinamentos foi pequena. Já de fevereiro de 2012 a março de 2012 o aumento de horas de treinamento foi brusco, fato este que se deve ao período de transição da não aplicação do LEED na obra depois que a certificação se tornou exigência e as práticas para atender os créditos deveriam ser atendidas. Então, a demanda por treinamentos aumentou para capacitar os funcionários e atingir as metas estabelecidas pelo Consórcio para a certificação. Foi necessário, portanto, o aumento da carga horária para que fosse possível passar todas as coordenadas para a implantação dos requisitos LEED no canteiro de obra do Maracanã.

**Gráfico 11** - Horas de treinamentos LEED realizados de novembro de 2011 a março de 2012.



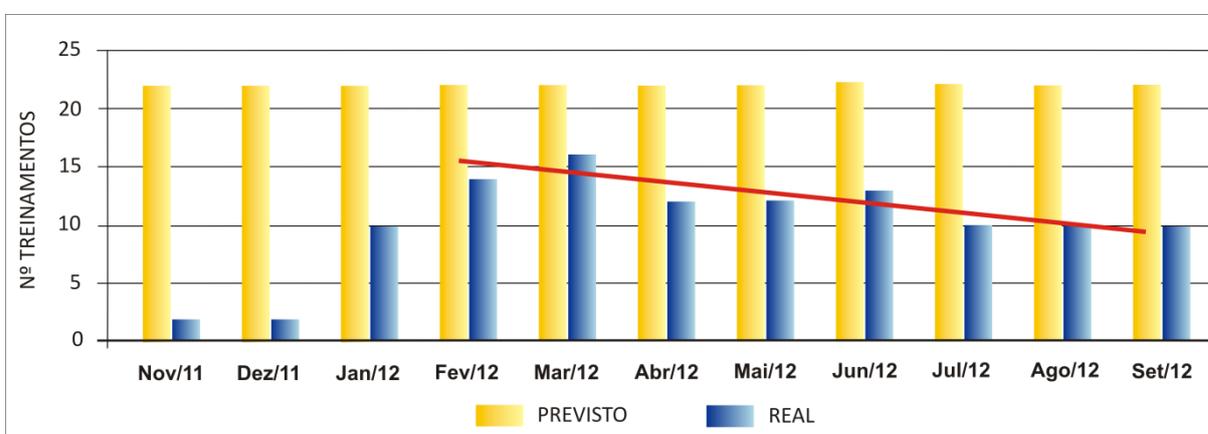
Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

É possível perceber que de novembro de 2011 a março de 2012 o aumento foi significativo, apresentando um avanço rápido de fevereiro a março de 2012. De março em diante essa variação foi pequena e constante oscilando dentro de uma mesma margem. No período de março a setembro de 2012 o aumento foi linear e significativo comparando as horas previstas com as reais, e se manteve constante, oscilando dentro de uma mesma margem até o término dos treinamentos. Nesse período já estava estabelecida a quantidade de horas necessárias mensais para passar aos funcionários o necessário para o desenvolvimento da obra dentro dos padrões LEED com princípios na sustentabilidade e preservar assim o canteiro de obra e o meio ambiente consequentemente. Apresenta uma diferença notória entre o número

de horas previstas e o real para os treinamentos, o inverso comparado ao início dos treinamentos quando ainda a aplicação do LEED não era foco, onde se percebe que houve uma necessidade de treinamentos maior que a esperada.

O Gráfico 12 mostra que o que ocorreu foi um aumento no número de treinamento entre os meses de novembro de 2011 a março de 2012, variando de 2 a 16 treinamentos mensais. Fazendo um comparativo com o Gráfico 11 é possível notar que são casos parecidos, no qual a relação entre aumento no número de treinamentos e carga horária a eles despendidos no período de novembro de 2011 a março de 2012 deu-se devido à transição para a implantação da certificação LEED na obra.

**Gráfico 12** - Número de treinamentos LEED realizados de novembro de 2011 a março de 2012.



Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

A partir do momento em que as equipes foram divididas por função estabelecida na obra e os treinamentos começaram a ser aplicados, o que ocorreu foi a diminuição de treinamentos no decorrer do período da obra. Uma vez que os funcionários e colaboradores foram se capacitando, a necessidade de treinamentos foi diminuindo. Além disso, o número de treinamentos foi menor do que o previsto.

A quantidade de treinamentos foi reduzida de acordo com o tempo de capacitação, pois a necessidade de aplicar treinamentos com mais ênfase foram abordados no decorrer da obra, fazendo-se importantes treinamentos focados em áreas específicas de trabalho, podendo necessitar carga horária elevada.

Relacionando os resultados dos gráficos 11 e 12, observa-se que a carga horária destinada ao projeto de capacitação teve aumento gradativo a cada mês, porém a quantidade de treinamentos reduziu. Isto se deve a carga horária concentrada, no decorrer da obra, em

treinamento focado para cada área de trabalho, ou seja, um treinamento requereu a mesma carga horária de um conjunto de treinamentos ministrados no início da capacitação em grupo.

Vale ressaltar que no início os treinamentos eram realizados em um grupo único, onde todos participavam juntos, e depois se dividiu por equipe de obra. Ao final da obra o número de treinamentos por equipe foi reduzindo, mas em contrapartida aumentou a carga horária de treinamento concentrado em cada área (as áreas que ainda precisavam de treinamentos).

O Quadro 9 faz uma relação dos números da certificação LEED na obra do Maracanã onde são listadas todas as categorias implantadas na obra com suas respectivas pontuações apresentando uma pontuação final onde mostra que o Maracanã atingiu o nível *Silver* com 53 pontos. Estão presentes também nesse quadro alguns números referentes a ações de prevenção de poluição nas atividades de construção, apresentando o que foi implantado, o que foi descartado e o quantitativo dessas ações.

**Quadro 9 - Número LEED no canteiro de obra do Maracanã.**

<b>LEED NÍVEL <i>Certificado</i> (50 a 59 pontos)</b>		<b>META: 53 pontos</b>
<b>TERRENO SUSTENTÁVEL</b>		
Prevenção de Poluição nas Atividades de Construção		obrigatório
<b>USO RACIONAL DE ÁGUA</b>		
Redução no consumo de água		Reduzir 30%
<b>ENERGIA E ATMOSFERA</b>		
Otimizar eficiência energética		Reduzir 8%
<b>MATERIAIS E RECURSOS</b>		
Gestão de resíduos em obra		Desvio de 75%
Conteúdo reciclado		20%
Materiais regionais (raio de 800km)		20%
Madeira certificada FSC		Atendimento 100%
<b>QUALIDADE DO AR INTERNO</b>		
Plano para qualidade interna do ar durante a obra		Atendimento 100%
Materiais com baixo VOC - Adesivos e Selantes		Atendimento 100%
Materiais com baixo VOC - Tintas e revestimentos		Atendimento 100%
<b>PREVENÇÃO DE POLUIÇÃO NAS ATIVIDADES DE CONSTRUÇÃO</b>		
Cadeiras		84.508 un.
Britagem de concreto		42.744,17m <sup>3</sup>
Top Soil		958,56m <sup>3</sup>
Lama: Telhas e Tijolos ecológicos		4.200m <sup>3</sup>
Destinação de aço		17.291,95m <sup>3</sup>
Trincheiras drenantes		7 un.
Trincheiras tapume (rafia)		306m lineares
Bueiros fechados		54 un.
Caixas de decantação campo		4 un.
Lava-rodas com decantação		1 un.
Proteção das árvores		133 un.
Bandejas de contenção		183 un.
Quebra-molas com almofadas de brita		3 un.
Quadros LEED		2 un.
Placas LEED		500 un.
Kit mitigação		28 un.
Porta-guimbas		18 un.
Baias de resíduos		2 un.

Fonte: Consórcio Maracanã, 2012.

É importante frisar que a certificação LEED foi criada para que fossem produzidas obras de cunho sustentável, com processos que visam a preservação do meio ambiente. O que se busca por meio da certificação não é o selo e sim as práticas sustentáveis dentro do canteiro e na obra como um todo. A certificação serve de base a ser seguida para atingir determinados objetivos e não o contrário como o que ocorre, onde a certificação não passa de um selo sustentável que visa propaganda para outros fins. Apesar desse conflito, algumas ações importantes foram tomadas com relação aos resíduos e aos materiais e recursos utilizados na obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã.

Conforme apresentado anteriormente, alguns créditos LEED, referente a resíduos, discriminados na tabela 9, não foram atendidos. Isso se deu por diversos fatores. Primeiro pelo fato do Consórcio não conseguir atender às exigências LEED, como ocorreu com o crédito “Recuperação de áreas contaminadas”. O Consórcio se viu impossibilitado de atender esse crédito, pois no terreno correspondente ao Estádio Maracanã não existia área contaminada a ser recuperada. Além disso, alguns créditos eram inviáveis de serem realizados, como o caso do crédito “Transporte alternativo – Bicletário e vestiários”, onde a área mínima para a implantação do bicicletário era extensa, o que ocuparia parte considerável do estacionamento do estádio. Ainda em relação a inviabilidade de execução tem-se o crédito “Desenvolvimento local – áreas verdes” onde o empreendimento para pontuar necessitava de uma determinada área composta por vegetação. No entanto, no estádio constava apenas o gramado como área verde, mas que não era aceitável por não gerar biodiversidade, uma vez que as árvores presentes no canteiro não contavam por não fazerem parte da área a ser certificada. E além desses motivos, tem-se ainda a questão de falhas na execução dos projetos, onde determinadas alternativas não foram tomadas por inviabilidade de execução e custo, da inviabilidade financeira e adaptação à realidade local, uma vez que a certificação LEED é norte-americana, apresentando parâmetros americanos. Cita-se como exemplo os créditos “Madeira certificada”, onde a madeira deve representar 50% do material final incorporado ao edifício (padrão das edificações norte-americanas) e “Poluição luminosa”.

Quando se fala em parâmetros LEED, refere-se à legislação exigida e padrões a serem seguidos, metas a serem atingidas. Esses parâmetros são válidos em parte considerável da certificação, mas outros não são adaptáveis à realidade brasileira, exigindo ações inviáveis de serem aplicadas, que necessitariam de medidas a serem tomadas por organismos externos ao empreendimento, como contribuição do poder público para que algumas ações fossem realizadas. É o caso da destinação dos resíduos. Caso o poder público disponibilizasse local

adequado para o envio de todos os materiais passíveis de reaproveitamento, a quantidade de material reciclada e desviada do aterro seria de 100% em todas as obras. Como isso ainda não ocorre, é preciso enviar para empresas certificadas, e que reutilizam esse material, para compartilhar as responsabilidades. É preciso otimizar os processos.

Na obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã a certificação LEED contribuiu para o desenvolvimento de um empreendimento que consegue se sustentar sozinho, com princípios sustentáveis. No entanto, o LEED apresenta como contribuição, de um modo geral, o aumento da preocupação com os resíduos e a diminuição da sua geração.

### 6.3 ANÁLISE E UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS PARA VERIFICAÇÃO DO LEED

Conforme apresentado anteriormente, a utilização de ferramentas, como gráficos e tabelas deu-se para apresentar, ao final da obra, os resultados para pleitear a certificação LEED. Os dados foram coletados pelos gestores e trabalhadores da obra, sendo aplicadas assim as ferramentas, gerando gráficos e tabelas, permitindo a análise dos dados. Durante a obra foram usadas algumas ferramentas para controlar os processos e ver onde estavam acontecendo as falhas que resultavam em perdas ou problemas, destacando-se diagramas, fluxogramas e gráficos, elaborados mensalmente.

#### **6.3.1 Pontos os quais foram trabalhados para a minimização da geração de resíduos no canteiro de obra**

A ocorrência de perdas no canteiro de obra se dá devido a perda de materiais, desperdiçando matéria-prima; aquisição de material além do necessário estabelecido em projeto; quantidade de tempo por funcionário gasto em retrabalhos.

É importante destacar que o foco do trabalho é a perda de materiais no canteiro de obra. No entanto, deve-se reconhecer que o tempo improdutivo (a perda de tempo nas frentes de trabalho) e o retrabalho também são considerados perdas e contribuem para a perda de material, ou seja, geram resíduos na obra.

#### **6.3.2 Método de intervenção para redução de perdas de materiais**

As alternativas a serem propostas para o desenvolvimento de um bom projeto e execução de obra tem como foco a movimentação e o armazenamento de materiais no canteiro, assim como ações relativas à construção, razões que levam à perda de material e,

consequentemente, à geração de resíduos. Busca-se estabelecer estratégias que visam a sustentabilidade da obra e a não geração de resíduos. Apresenta-se a seguir um conjunto de conceitos relativos a ações sugeridas para a mitigação da ocorrência de perdas de materiais em canteiros de obras.

#### 6.4 AÇÕES DE INTERVENÇÃO PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM UM CANTEIRO DE OBRA BASEADO NA EXPERIÊNCIA DO MARACANÃ

Os maiores impactos e custos de um edifício ocorrem durante a etapa de operação, ou seja, durante a execução da obra. A geração de resíduos ocorre de fato nesta etapa. No entanto, suas origens podem estar na fase de planejamento e projeto, tendo efeitos prolongados na fase de uso e manutenção. É nessa fase, também, que o desempenho dos sistemas instalados revelam os benefícios das estratégias traçadas durante a fase de projeto e concepção. A certificação LEED é uma ferramenta que auxilia a garantir o bom funcionamento das ações implantadas no empreendimento, aumentando as oportunidades para um melhor desempenho ambiental, reduzindo os custos operacionais e a geração de resíduos.

Para um bom resultado na construção de um edifício é preciso apresentar uma base bem desenvolvida, onde parte considerável das operações seja pensada antes do início da execução, ou seja, para que um empreendimento seja executado da melhor forma possível é preciso ser desenvolvido com antecedência um bom projeto que proponha as melhores soluções. Para isso algumas medidas precisam ser levantadas e reforçadas.

Algumas delas são estabelecidas pelas certificações voltadas para a sustentabilidade, mas devem constar como elementos precursores de um bom projeto. Assim, para a execução de uma boa obra é importante desenvolver um bom projeto e considerar também preceitos da certificação LEED, ou outra que apresente os mesmos objetivos e princípios sustentáveis, que auxiliam no desenvolvimento do projeto e na execução da obra, com base na sustentabilidade.

A escolha do tipo do sistema construtivo implantado, como, por exemplo, pré-fabricação ou execução *in loco*, influencia na geração de resíduos da construção e demolição (RCD) e na gestão dos mesmos. A construção civil tem evoluído na busca de uma industrialização cada vez mais completa, que atenda a todas as necessidades da obra. Isso leva à redução da geração de resíduos, uma vez que os canteiros de obra ficarão restritos à montagem dos elementos pré-fabricados. Estes por sua vez, devem permitir fácil

desmontagem e condições de reciclabilidade, permitindo mudanças sem gerar perdas, aumentando o ciclo de vida dos materiais e facilitando o reaproveitamento dos resíduos. Os pré-moldados permitem, ainda, a modulação do projeto arquitetônico, reduzindo a possibilidade de perdas já na concepção do partido arquitetônico do empreendimento.

É o caso da obra do Maracanã que adotou além da construção *in loco* também a pré-fabricação como tecnologia construtiva em parte significativa das construções novas do estádio. O que foi construído *in loco* foram os vestiários, camarotes e área de alimentação. Já as arquibancadas e a cobertura, conforme mostra Figura 38, foram feitas de estrutura pré-moldada. O que proporcionou a geração do resíduo na obra foi a demolição das arquibancadas e da cobertura, gerando um montante de RCD, e não o processo construtivo em si.



**Figura 38** - Estrutura pré-moldada e montagem das arquibancadas.

A indústria da construção civil consome muito material. A triagem é uma alternativa para a redução dos impactos da geração de resíduo e também redução desse consumo. Ela possibilita o uso dos resíduos na própria obra, como a argamassa e concreto que pode ser reutilizados em contrapisos, compactação de solo, calçadas e blocos, evitando custo e impacto ambiental relacionado à utilização de matéria-prima, transporte e disposição final.

Para a seleção e separação dos materiais que não serão utilizados na própria obra é relevante fazer um mapeamento dos locais licenciados para disposição dos resíduos perigosos e empresas certificadas que recolhem esse material, uma vez que na obra a geração de resíduos acontece mesmo que esteja sendo aplicada uma certificação de sustentabilidade, como foi o caso do Maracanã que aplicou o LEED. Esses resíduos podem ser incorporados em outros materiais ou gerar um novo produto que poderá ser aplicado na obra retornando ao ciclo como matéria-prima.

No caso de uma obra de reforma de grande porte e impacto ambiental, como é o caso do Estádio Maracanã, antes que se faça qualquer alteração é preciso fazer um levantamento da edificação e infraestrutura preexistentes gerando uma avaliação do seu potencial de aproveitamento, estabelecendo índices de perdas e avaliando seus impactos.

A contratação de equipes por atividade facilita a coordenação do trabalho e diminui o tempo em cada fase da obra. Quando acaba o trabalho de uma equipe em determinada fase do empreendimento contrata-se outra equipe para a próxima fase. No Maracanã aconteceu desta forma, assim como acontece na maioria das grandes obras gerenciadas por grandes construtoras.

Cada operário da obra deve receber treinamento para incorporar novas alternativas de trabalho e executar de forma correta suas atividades, buscando uma mudança de paradigma, proporcionando sustentabilidade à obra. Na obra do Maracanã foram ministrados treinamentos para os colaboradores com o objetivo de uniformizar a linguagem LEED, garantindo, assim, a eficácia nos fluxos das informações e dos materiais, reduzindo o tempo de trabalho no canteiro e a geração de resíduos.

Todo planejamento da produção deve prever e definir o início e o fim de cada tarefa a ser executada na obra. Para isso deve-se planejar o *layout* do canteiro de obra, buscando otimizar os fluxos, entrada e saída de materiais, considerando também o armazenamento e o transporte dos mesmos.

Segundo Tubino (1999), o aumento da flexibilidade do sistema construtivo diminui a necessidade de estoque, proporcionando que os materiais se transformem em produto acabado mais rápido. Para otimizar o fluxo de materiais é preciso reduzir a quantidade de atividades necessárias para o deslocamento dos materiais do estoque ao posto de trabalho, havendo assim, uma redução do tempo de ciclo deste processo.

Portanto, tornou-se necessário no Maracanã alocar, no perímetro do edifício, parte da matéria-prima necessária à produção, conforme apresenta Figura 39, sendo colocada próxima ao local de trabalho por guias e caminhões, sem passar pelo almoxarifado, reduzindo a perda de material por transporte e deslocamento. Com esta ação de melhoria, reduzem-se, também, as paradas do processo em execução por falta de matéria-prima.



**Figura 39** - Material estocado dentro do edifício, próximo à área de trabalho.

Para facilitar o trabalho dos operários no canteiro e reduzir perdas de material e tempo é importante desenvolver os projetos com o máximo de informações possíveis. Os

projetos para execução devem ser detalhados e de fácil compreensão. Ressalta-se a necessidade de treinamentos para explicar os projetos e a forma de executá-los, para que o funcionário compreenda a proposta e execute conforme projetado. Dessa forma, reduzem-se as perdas de materiais e tempo, uma vez que o funcionário tenha sido treinado para compreender o projeto.

Para reduzir problemas na linha de produção, principalmente em relação ao fluxo de produção e a perda de produtos para as frentes de trabalho, foram tomadas algumas precauções na obra do Maracanã. A distribuição da argamassa, por exemplo, foi realizada através de caminhões betoneiras, evitando também o uso de força manual no deslocamento da argamassa, uma vez que esta era produzida em uma central de concreto instalada dentro do canteiro de obra, próxima ao edifício, e a argamassa era transportada para o local de trabalho conforme a necessidade. Para atividades simples e rápidas eram utilizadas betoneiras no próprio local da atividade para produzir a argamassa e agilizar o processo construtivo, conforme mostra Figura 40. Além disso, a central de concreto apresentava um sistema de limpeza da água embutido em seu processo, por meio de tanques de decantação que limpavam a água antes de mandá-la para a rede pública.



**Figura 40** - Central de concreto e produção de argamassa na área de trabalho.

O Maracanã teve que estabelecer um prazo de entrega antes do início da obra. O primeiro passo foi o de definir a sequência e a estratégia de execução e definir a capacidade produtiva disponível para o projeto. Neste momento, a duração do projeto foi fixada e o mesmo deveria ser concluído em 36 meses, iniciando em fevereiro de 2010 e concluindo em fevereiro de 2013. No entanto, a obra começou em agosto de 2010 e teve sua conclusão em maio de 2013. Para que a obra tivesse um fluxo contínuo de trabalho e não atrasasse as metas, a falta de material não poderia existir no canteiro. Assim, o tempo de entrega dos materiais foi ajustado de acordo com a demanda da obra e produtividade dos funcionários.

Outra proposta empregada para melhorar a comunicação e exibir a estratégia de trabalho na obra foi a presença de um quadro no canteiro de obra indicando a localização dos

equipamentos necessários à produção, suas equipes de trabalho, além da marcação na planta da obra das tarefas em execução em determinada etapa do empreendimento, conforme mostra Figura 41. Quando aconteciam movimentações das equipes na obra para um novo local, o quadro era atualizado para visualizar a situação da obra. Assim, era possível olhar o quadro e visualizar todas as tarefas que estavam em andamento na obra.



**Figura 41** - Quadros informativos espalhados no canteiro de obra do Maracanã.

Além desse quadro, outros estavam presentes no canteiro do Maracanã. Dois quadros estavam presentes na área destinada aos escritórios, mostrando as etapas da obra, suas perdas e dados mensais, e as alternativas LEED implantadas no canteiro, apresentando cada uma delas na planta do empreendimento. Havia também quadros espalhados pelo canteiro com dizeres sobre a obra e estratégias a serem seguidas, avisos de segurança, metodologias construtivas e educação ambiental.

Para atingir as metas de uma obra, todas as ações devem estar relacionadas e uma não pode interferir na outra. É preciso levar em consideração na tomada de uma decisão o que acontece na obra, conversar com funcionários, e não apenas tentar implantar algo projetado. Projetistas e operários juntos chegarão à melhor solução para eventual problema presente no canteiro que acarrete o atraso da entrega da obra.

## 6.5 RELACIONANDO A CERTIFICAÇÃO LEED COM O PROJETO ARQUITETÔNICO

O desenvolvimento de um empreendimento, assim como a execução de seus projetos, deve apresentar visão global do todo, tal qual é a sustentabilidade. Pensar de forma sustentável no âmbito da construção implica em melhores condições ambientais, redução na utilização de recursos e conscientização dos envolvidos.

Fazendo um contraponto entre a certificação LEED e o projeto arquitetônico, destaca-se a importância de ambos para chegar-se à sustentabilidade em um empreendimento. No entanto, os dois apresentam-se mais próximos e semelhantes quando se fala em sustentabilidade na construção. Muitos itens e aspectos referentes a projetos que são requisitos básicos para uma boa arquitetura encontram-se presentes na certificação LEED, com outra

roupagem e denominação, e apresentando um nível de exigência a ser atendido. A certificação LEED nada mais é, em parte considerável de seus requisitos, o desenvolvimento de bons projetos. Busca-se com essa certificação, assim como as demais certificações, suprir possíveis falhas de desenvolvimento projetual no canteiro de obra para que a edificação ao final apresente princípios sustentáveis. Não haveria necessidade da certificação LEED se os projetos fossem desenvolvidos com a preocupação de responder a todos os requisitos da certificação. No entanto, não é o que acontece na prática por uma gama de fatores. Então, eis a importância da certificação LEED ao estabelecer parâmetros para atingir a sustentabilidade em um empreendimento.

O papel da certificação LEED é estabelecer valores para medidas que devem ser tomadas nos projetos arquitetônicos, como por exemplo, no caso da eficiência energética. Sabe-se que a busca por iluminação e ventilação natural em um edifício é papel primordial do projeto de arquitetura propor. O LEED é um incentivo para que determinado fator esteja presente na edificação em sua forma mais eficiente, pois atingir esse objetivo vai agregar pontos ao empreendimento e, por conseguinte, lhe permitir uma certificação verde.

Apesar de ser uma certificação que em parte apresenta diversos elementos que devem estar obrigatoriamente presentes em um projeto arquitetônico, o LEED exerce uma posição positiva. No entanto, essas atitudes deveriam estar presentes nos projetos com ou sem certificação LEED. Essas certificações acabaram distorcendo o papel dos projetistas perante a sociedade, tornando essas atitudes chamadas de “sustentáveis” atitudes a mais no projeto, ou seja, usadas como um diferencial para atrair o usuário, onde na verdade tanto projeto quanto certificação deveriam ser trabalhados juntos, um auxiliando o outro.

Vale ressaltar que o uso da certificação LEED, assim como as demais certificações, é pertinente, pois desperta a consciência de que é preciso tomar iniciativas e fazer alguma coisa para propiciar o desenvolvimento sustentável nas construções. Apesar das normas norte-americanas não serem a melhor opção para o nosso país é melhor usá-las para atingir o fim desejado, mesmo que esse não seja o real objetivo de quem usa, até que seja desenvolvida uma certificação própria que possa atender melhor às necessidades brasileiras.

É válida a utilização dessas certificações para despertar a população e os trabalhadores envolvidos para o assunto sustentabilidade e gerar um aprendizado para que seja possível uma mudança de paradigma gradativa. Assim, o desenvolvimento do presente trabalho é uma contribuição para trazer o tema da sustentabilidade ao contexto da construção civil e dos projetos, que antecedem a etapa de obra.

## 7 CONCLUSÃO

A revisão da literatura mostrou os elevados impactos causados pelos resíduos da construção civil no meio ambiente. A situação de entulhos da construção civil depositados às margens de córregos e vias públicas existe e é fato comprovado pela população. Estes quando despejados no meio ambiente sem nenhuma preocupação passam a transmitir doenças, gerando, também, problemas de cunho ambiental, social e econômico para as cidades.

O referencial teórico foi elemento norteador da pesquisa, dando direcionamento ao estudo, delimitando o campo da pesquisa e estabelecendo o que seria estudado a partir do objeto de estudo de caso escolhido. Devido a complexidade e diversidade do objeto de estudo foi preciso priorizar um dos impactos ao meio ambiente causados pela construção civil, e diante de uma análise apontou-se como impacto mais relevante o resultante dos resíduos sólidos oriundos de canteiros de obras, focando a pesquisa para a minimização da geração de resíduos nos canteiros de obras, buscando a sustentabilidade na construção civil.

Com a sustentabilidade em vigor, a construção civil se viu obrigada a tomar novos rumos e se adaptar à realidade vigente, bem realizada pelas demais indústrias. Para isso foi preciso se atualizar e utilizar diferentes processos construtivos e incorporar ações sustentáveis à obra, envolvendo aprendizado e adaptação por parte de todos os colaboradores.

A utilização de materiais de qualidade nas obras, de preferência com componentes recicláveis, reduzem a geração de resíduos no canteiro. Quando gerados, os resíduos devem apresentar um ciclo contínuo de reciclagem, onde, a partir de sua geração estes sejam reutilizados na obra, reciclados, incorporados a novos materiais, ou então, destinados corretamente.

A fase de execução é de grande relevância no empreendimento, pois é nela que surgem inúmeros problemas com relação a resíduos mal resolvidos, ou não resolvidos, na fase de concepção dos projetos da obra. Esses problemas devem ser previstos e evitados na etapa de projeto, incorporando princípios sustentáveis na busca pela solução desses problemas, e quando não solucionados em projeto devem ser eliminados durante a execução. E é neste momento que surge a problemática dos resíduos gerados indiscriminadamente. Desta forma, a pesquisa visou a incorporação do termo sustentabilidade em todos os processos no canteiro de obra, com base nos projetos que antecedem a fase de canteiro, a fim de buscar a minimização da geração de resíduos da construção civil. Para que a ideia de sustentabilidade seja aplicada à

construção é preciso considerar a dimensão educacional, pois a educação é o fator capaz de gerar mudanças que possam proporcionar a sustentabilidade na construção civil.

O canteiro de obra é o local onde são aplicadas as ações a fim de propor a sustentabilidade da obra, tendo como foco os aspectos econômicos, ambientais, sociais e de aprendizagem. A implantação das ações que visam à sustentabilidade no canteiro necessita de treinamento dos funcionários, incorporando os princípios sustentáveis no dia-a-dia da obra, apresentando como vantagem melhor produtividade no trabalho e redução da perda de materiais no canteiro.

No canteiro do Maracanã foram implantadas ações para reuso de água e o controle de sedimentos durante a obra, reduzindo consideravelmente possíveis danos aos funcionários, à obra, à rede pública e à vizinhança do entorno imediato. Esse comportamento reflete a preocupação com a contenção de geração de resíduos e com as práticas de boa vizinhança. Esse foi um desafio realizado com êxito na obra do Maracanã, pois pelo canteiro de obra ser um elemento efêmero, que não permanece no final da obra, os trabalhadores da obra incorporam o pensamento de que ações para o bem estar e convívio da vizinhança são desnecessárias. No entanto, foram internalizadas pelos funcionários e colaboradores todas as questões éticas envolvidas com relação a isso.

Além do canteiro, outro elemento de crucial importância na busca pela sustentabilidade na construção são os projetos, tanto o projeto arquitetônico quanto os demais projetos integrados a ele, trabalhando simultaneamente e em conjunto. É nessa fase, principalmente, que se reduz parte expressiva das causas da geração de resíduos no canteiro e se estabelecem estratégias para sua não geração. Ações sustentáveis devem ser estabelecidas nas fases de projeto e de construção, onde podem e devem ser pensadas e aplicadas para obter um resultado positivo, visando, sobretudo, no contexto desta pesquisa, a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras.

Parcela considerável dos problemas que um canteiro pode apresentar surgem na etapa de desenvolvimento dos projetos devido à falta de contato entre os projetistas e de procedimentos de execução dos serviços que quando realizados apresentam melhorias nos canteiros. Tal problema não foi constatado no canteiro do Maracanã. Os projetos foram realizados de forma simultânea o que facilitou projetar o *layout* do canteiro, reduzindo problemas de implantação, facilitando o fluxo da obra e a redução da geração dos resíduos.

Vale a pena desenvolver projetos mais elaborados, com detalhamentos, para que não aconteçam imprevistos na obra que acarretem em geração de resíduos. Os projetos apresentam, assim como as certificações, ações pontuais sustentáveis. No entanto, a área do conhecimento deveria levar em consideração a sustentabilidade, e não se apoiar apenas nas certificações para conseguir a sustentabilidade do empreendimento. Mas, devido a ações externas como clima e a ausência de preocupação cada vez maior por parte dos projetistas em executar um bom projeto, é evidente a necessidade de sistematizar a sustentabilidade, por meio de certificações. Desta forma, as certificações de edifícios sustentáveis vem contribuindo, cada dia mais, para a sustentabilidade dos empreendimentos.

Para uma boa arquitetura e uma boa obra, que respeitem os conceitos de sustentabilidade, é preciso estar atento desde a escolha do terreno onde será erguido o edifício, passando pelo projeto e todo o planejamento para a sua execução, até o seu uso posterior e sua demolição. Todos os profissionais da construção civil e todas as pessoas que vão utilizar esses edifícios devem estar envolvidos e ter o conhecimento do que vem a ser sustentável. Um empreendimento é considerado sustentável se passa por todas as etapas seguindo princípios sustentáveis, e para fechar o ciclo, os usuários do empreendimento também devem ser sustentáveis.

É praticamente impossível um empreendimento ser classificado e considerado sustentável, uma vez que para isso o ciclo deve ser completo, perfeito. Portanto, o que existe são empreendimentos que apresentam princípios sustentáveis em todas as etapas, desde a concepção, passando pela execução, uso e pós-uso. Só atinge a perfeição, ou seja, a sustentabilidade, quando ocorre aproveitamento total do empreendimento em todos os quesitos e aspectos.

Foram levantadas as principais causas das ocorrências de perdas de materiais na construção da obra em estudo, como a perda por transporte no canteiro, e feita uma análise do porquê deste desperdício. Identificaram-se quais os elementos capazes de influenciar na mudança da forma tradicional de construção para a forma sustentável, por meio do estudo de caso da obra do Maracanã, a fim de reduzir a geração de resíduos sólidos no canteiro de obra, obtendo, a partir disso, ações que devem ser realizadas, em uma obra, para reduzir a produção indiscriminada de resíduos. Obtiveram-se contribuições que possibilitam a minimização de resíduos da construção civil de fácil absorção pela cadeia produtiva da construção.

Na certificação LEED não é considerado o processo de aprendizagem das construtoras e dos profissionais envolvidos como critério para pontuação. No entanto, essa

prática é necessária para que os créditos sejam cumpridos, devido a ações que exigem aprendizado e treinamento da mão-de-obra. Essa ação foi aplicada no canteiro de obra do Maracanã e respondeu bem às expectativas do Consórcio, onde os colaboradores absorveram o conhecimento necessário para a execução de ações com princípios sustentáveis e de educação ambiental, visando a sustentabilidade do empreendimento.

A certificação LEED foi criada nos Estados Unidos e ainda precisa ser adaptada à realidade brasileira, buscando apresentar parâmetros compatíveis com as necessidades locais e mais ações possíveis de serem executadas. Desta forma, será possível reduzir os custos para atingir determinados créditos, como os de eficiência energética, que acabam encarecendo a obra, fazendo com que a sustentabilidade econômica não seja alcançada. Apesar de alguns créditos não serem possíveis de serem atendidos na obra do Maracanã, não correspondendo com a realidade da obra, os critérios LEED são válidos, apresentando um desenvolvimento da obra na busca pela redução da geração de resíduos e pela sustentabilidade. Não foi possível atender a todos os créditos, mas atendeu-se parte considerável deles, fazendo com que a obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã para a Copa do Mundo FIFA 2014 se certificasse na categoria *Silver*.

As perdas na construção civil vão além das perdas de materiais. Estas são mais abrangentes, considerando como perda qualquer coisa que não agregue valor à obra. No entanto, ações como qualidade de vida no canteiro de obra, treinamento da mão-de-obra e educação ambiental, contratação de mão-de-obra formal não agregam valor direto, mas proporcionam valor ao empreendimento por meio dos funcionários. Faz-se necessário conscientizar cada envolvido na construção civil buscando identificar impactos e compartilhar responsabilidades.

Na obra de reforma e adequação do Estádio Maracanã o LEED contribuiu para a redução do custo com relação a aquisição de materiais uma vez que parte considerável dos resíduos gerados no canteiro foram reutilizados na obra, em especial o resíduo de concreto proveniente da demolição da cobertura e arquibancadas.

Verificou-se, na presente dissertação, como a certificação LEED pode contribuir para a redução da perda e desperdício de materiais no canteiro de obra, proporcionar uma consciência ambiental aos agentes envolvidos e estabelecer estratégias e ações para a minimização de resíduos no canteiro e destinação final correta dos resíduos gerados.

Na obra do Maracanã, por se tratar de uma obra de reforma, a geração de resíduo foi inevitável. A utilização dos seus resíduos na própria obra e destinação final correta dos mesmos amenizou o impacto causado por ela ao meio ambiente. No que diz respeito à redução da geração de resíduos propriamente dita, a certificação LEED contribuiu na organização do canteiro minimizando perdas de material por movimentação e transporte, na aquisição de material providenciando a quantidade ideal para execução de determinada etapa, na estocagem de material próximo aos locais de trabalho, na redução do consumo de matéria-prima exigindo a aplicação de materiais com conteúdo reciclado agregado, na produção de argamassa, e na aplicação das ações, minimizando a geração de resíduos no controle dos sedimentos que seriam encaminhados para as vias públicas e redes pluviais reduzindo, assim, a geração de resíduo sólido urbano proveniente das construções, e controle de resíduos contaminantes, tanto do solo quanto do ar.

A certificação LEED leva a interpretações diferentes por vários autores, mas só tem a acrescentar no processo da busca pela sustentabilidade da construção civil, pois apresenta preocupação referente a todo o ciclo da cadeia produtiva da indústria da construção. No entanto, sua intenção e objetivo são deturpados pelo *marketing* falso de algumas empresas, que usam da certificação apenas como negócio. Mas o importante é o fim a que está sendo utilizado, contribuindo para a sustentabilidade. Esta certificação auxilia na execução da obra, na preparação e utilização do canteiro e auxilia também na tomada de decisões e estratégias na fase de projeto, que quando propostas facilitam a execução para atingir a certificação, e a sustentabilidade da obra, beneficiando o meio ambiente.

A sustentabilidade é multidisciplinar, transdisciplinar e envolve diversas áreas do conhecimento. É um processo dinâmico que precisa ser conquistado não apenas nos materiais, mas em toda a sociedade. A essência da sustentabilidade aplicada à construção civil vem a ser a economia de recursos naturais, a não geração de resíduos e o aproveitamento do resíduo gerado na construção, e sua destinação final correta, fechando o ciclo. O resíduo depende não só da fase, mas do processo construtivo. O importante é não gerar o resíduo.

## **SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS**

Sugestões de ações e projetos a serem desenvolvidos e implantados a partir dos resultados desta dissertação:

- Fortalecer a alfabetização ecológica de participantes da indústria da construção civil, na tentativa de mudança de paradigmas;
- Comparar a obra de reforma do Maracanã com outros estádios confrontando o canteiro de obra do Maracanã com os canteiros de outros estádios que não tenham empregado a certificação LEED para analisar se é visível a diferença, analisando as perdas, e fazer uma suposição da aplicação das diretrizes de minimização da geração de resíduos sólidos da construção civil para uma obra sustentável;
- Estudar a relação e influência das certificações ambientais nos projetos da edificação, discutindo sobre o papel dos dois nos dias vigentes e sua importância;
- Estudar a aplicação de outras certificações ambientais em canteiros de obra.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, T. G. **Planejamento do layout e da logística de Canteiros de Obra**. Goiânia, 2009.

ÂNGULO, S. C.; ULSEN, C.; KAHN, H.; JOHN, V. M. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem Na Construção Civil – CT 206 IBRACON, 5., 2002, São Paulo. Anais... São Paulo, 2002. CD-ROM.

APPLEBAUM, H. A. **Construction management: traditional versus bureaucratic methods**. *Anthropological Quarterly*, 1982. Vol. 55, No. 4, p. 224-234.

ARAÚJO, V. M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. 2009. 228f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARENA, A. P. **Análisis del ciclo de vida y la sustentabilidad ambiental del sector edificio en Argentina**. In: Caldeira-Pires, A.; Souza-Paula, M. C.; Villas Bôas, R. C. (org.). Avaliação do ciclo de vida: a ISO 14040 na América Latina. Brasília: ABIPTI, 2005. 337 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575: informação e documentação: referência – elaboração**. 2013.

BALDWIN, R.; LEACH, S.J.; DOGGART, J. V.; ATTENBOROUGH, M. P. **BREEAM 1/90: an environmental assessment for new office designs**. BRE Report. Garston, CRC. 1990.

BALLARD, G. H. **The last planner system of production control**. Thesis, School of Civil Engineering, University of Birmingham, UK, 2000.

BALL, J. **Can ISO 14000 and eco-labelling turn the construction industry**. *Green Building and Environment*, 2002. Vol. 37, p.421 – 428.

BARKOKÉBAS JR; BÉDA; CARNEIRO, F. P.; SOUZA, P. C. M.; *et al.* **Estudo sobre a gestão de resíduos sólidos da indústria da construção civil na região metropolitana do Recife**. Vol. Nº 6. Recife: Editora Edupe, 2002. 15 p.

BEZERRA, M. D. C.; BURSZTYN, M. (cood.). **Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Consórcio CDS/ UNB/ Abipti, 2000.

BLUMENSCHNEIN, R. N. **A sustentabilidade na cadeia produtiva na indústria da construção**. Tese de Doutorado, CDS, UnB, Brasília, 2004.

BOURDEAU, L. **The Agenda 21 on sustainable construction**. In: CIB Symposium on Construction and Environment: theory into practice. São Paulo, 2000.

BRANDSTETTER, M. C. **Aulas da disciplina Engenharia de Mercado e Produção para a Construção - EMPC**. Universidade Federal de Goiás. GECON. Goiânia, 2011.

BRASIL, Congresso. Senado. **Resolução n.307, de 2007**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos - GT-GDSF. **Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas**. Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos – GT-GDSF. 2008.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 18 – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Redação dada pela Portaria nº 4, 4 de julho de 1995. Manuais de Legislação – Segurança e Medicina do Trabalho, Ed. Atlas, São Paulo, 61ª Ed., 2007. V.2, p. 246-307.

BRUNDTLAND, G. H. (EDITOR). **Our common future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford University Press. 1987. 398 p.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. Coordenadores Vanderley Moacyr John, Racine Tadeu Araújo Prado. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **Estoque de Trabalhadores na Construção Civil**. Grau de Instrução - Brasil, regiões e estados, 2005.

\_\_\_\_\_. **Base de informações sobre a construção civil brasileira**. Belo Horizonte, MG: Banco de Dados CBIC. Maio, 2007. Internet: [http://www.cbicdados.com.br/bd\\_cbic.asp](http://www.cbicdados.com.br/bd_cbic.asp). Acesso em 27 nov. 2012.

CAPRA, F. **As conexões ocultas**. São Paulo: Editora Cultrix. 2002. 296p.

CARDOSO, F. F. **Novos enfoques sobre a gestão de produção: como melhorar o desempenho das empresas de construção civil**. In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 1993, São Paulo. Anais... 1993, V.2, p.557-559.

\_\_\_\_\_. **Referencial técnico de certificação: edifícios do setor de serviços – Processo AQUA**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP. São Paulo, 2007.

CASADO, M. **Introdução a certificação green building**. Ecobuilding 2008. São Paulo: ANNAB, 2008.

CEOTTO, L. H. **Construção civil e o meio ambiente: 3ª parte**. Notícias da Construção, São Paulo, n 53, fev. 2008. Seção Qualidade e Produtividade. Disponível em: <[http://www.sindusconsp.com.br/PUBLICACOES/revista\\_noticias\\_construcao/edicao\\_53/qualidade\\_e\\_produtividade\\_53.htm](http://www.sindusconsp.com.br/PUBLICACOES/revista_noticias_construcao/edicao_53/qualidade_e_produtividade_53.htm)>. Acesso: 21 jan. 2013.

CHERMONT, L. S. & MOTTA, R. S. **Aspectos econômicos da gestão integrada de resíduos sólidos**. Texto para discussão 416, Rio de Janeiro: IPEA, 1996.

COLAÇO, L. M. M. **A evolução da sustentabilidade no ambiente construído: projecto e materiais dos edifícios**. Tese (Doutorado). Universidade Portucalense. Porto, Portugal. 2008. 207p.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Sustentabilidade na construção**. 2007. Disponível em: <[http://www.cbcs.org.br/noticias/SobreSustentabilidade/20070914\\_sustentabilidadeconstrucao.php](http://www.cbcs.org.br/noticias/SobreSustentabilidade/20070914_sustentabilidadeconstrucao.php)>. Acesso em: 21 maio 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Nº 307 - Gestão de resíduos da construção civil**. Brasília, 2012.

CONSÓRCIO MARACANÃ RIO 2014. Relatórios LEED. Relatórios mensais de janeiro de 2011 a maio de 2013.

DANLBAAR, B. **Lean production: denial, confirmation or extension of sociotechnical systems design**. Human Relations, Volume 50, No. 5. 1997.

DEGANI, C. M. **Sustentabilidade como Estratégia de Negócios: Perspectivas para a Construção Civil e o Mercado Imobiliário**. São Paulo, 2005.

DIAS, G. F. **Iniciação à temática ambiental**. Gaia, São Paulo, 2002.

ELIAS, S. J. B.; SILVA, R. R. T.; LEITE, M. O.; ARAÚJO FILHO, C. F. **Procedimento de distribuição de argamassa em obras verticais: sistema de previsão de entrega – estudo de caso**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (1998: Florianópolis). Anais do VII ENTAC. Florianópolis: ANTAC, 1998. P. 715-721.

FARAH, M. F. S. **Alterações na organização do trabalho na construção habitacional: a tendência de racionalização**. In: Encontro Nacional da Anpocs, 12, 1988. Águas de São Pedro, Anais... 1988.

FERNANDES, A. **Fundação Vanzolini apresenta certificação brasileira para construção sustentável**. PINI, 2008. Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/sustentabilidade/fundacao-vanzolini-apresenta-certificacao-brasileira-para-construcao-sustentavel-78199-1.aspx>>. Acesso em: 07 maio 2012.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V.; SOIBELMAN, L. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre. 1996.

FORMOSO, C. T. **Lean construction: princípios básicos e exemplos**. NORIE/UFRGS. Porto Alegre. 2000.

FOSSATI, M.; ROMAN, H. R.; SILVA, V. G. **Metodologias para avaliação ambiental de edifícios: uma revisão bibliográfica**. IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre, 2005.

FRANKENFELD, N. **Produtividade**. Rio de Janeiro: CNI, 1990. (Manuais CNI).

GBC BRASIL. **Mercado green building**. Revista Green Building. São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://www.revistagreenbuilding.com.br/midiakit/midia\\_kit\\_gb\\_120625.pdf](http://www.revistagreenbuilding.com.br/midiakit/midia_kit_gb_120625.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2013.

GEHLEN, J. **Construção da sustentabilidade em canteiros de obras – um estudo no DF**. Dissertação de mestrado, FAU/UnB, Brasília, 2008. 154p.

\_\_\_\_\_. **Aplicando a sustentabilidade e a produção limpa aos canteiros de obras**. In: International Workshop Advances in Cleaner Production, 2, 2009, São Paulo. Anais... São Paulo, 2009.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Ambiente Construído, 2006. v. 6, n. 4, p. 51-81.

HALLIDAY, S. **Sustainable Construction**. Oxford: Elsevier, 2008.

HENDRIKS, C. F. **Durable and sustainable construction materials**. The Netherlands: Aeneas Technical Publishers, 2000. 656 p.

HQE - Haute Qualité Environnementale. **La définition explicite de la qualité environnementale (DEQE)**. Référentiels Complémentaires HQE. Paris, Association HQE. 2008. Disponível em: <[www.assohqe.org/documents\\_referentiels](http://www.assohqe.org/documents_referentiels)>. Acesso em: 20 jan. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2007.

ILLINGWORTH, J. R. **Construction: methods and planning**. E&FN Spon, London, 1993.

INMETRO. **Empresas certificadas ISO 14001 válidas com marca de credenciamento Inmetro**. 2011. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/gestao14001/>>. Acesso em: 13 maio 2011.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113f. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil (PCC). São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. **Quase insustentável**. Entrevista cedida à revista Técnica em setembro de 2010. Edição 162. Luciana Tamaki. 2010.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. **Levantamento do estado da arte: seleção de materiais (Documento 2.4)**. São Paulo: Habitação Mais Sustentável / FINEP, 2007.

KIBERT, C. J. **Sustainable construction: green building design and delivery**. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, 2005.

\_\_\_\_\_. **Sustainable construction: green building design and delivery**. 2ª edição. Estados Unidos: John Wiley & Sons. 2007.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report. Finland: VTT Building Technology, 1992.

\_\_\_\_\_. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Dissertation for the degree of Doctor of Technology at Helsinki University of Technology. Technical research centre of Finland, VTT Publication. 2000.

\_\_\_\_\_. **Moving on beyond lean thinking**. Construção enxuta Jornal, Louisville, CO Volume 1. 2004.

\_\_\_\_\_. **Making do: the eighth category of waste**. Proc. Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-12), Elsinore, Denmark. 2004. Disponível em: <[www.iglc.net](http://www.iglc.net)>. Acesso em: 21 maio 2012.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. 2010.

LAMBERTS, R. **Construindo sustentabilidade**. Entrevista cedida à revista Técnica em maio de 2011. Edição 170. Luciana Tamaki. 2011.

LAUFER, A. & TUCKER, R.L. **Is construction project planning really doing its job: A critical examination of focus, role and process**. Construction Management and Economics, 1987. P. 243-266.

LEBOW, V. **Free enterprise: the opium of the american**. Oriole Editions, 1972. 145 p.

LEONARD, A. **A história das coisas**. Versão brasileira do documentário The Story of Stuff. 2011. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=7qFiGMSnNjw>>. Acesso em: 13 de março de 2012.

MARQUES NETO, J. C. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. 162p. São Carlos: RiMa. 2005.

MCDONOUGH, W. e BRAUNGART, M. **Towards a sustaining architecture for the 21st century: the promise of cradle-to-cradle design**. In: Industry and Environment, 2003. P. 13 - 16.

MELO, M. B.; RODRIGUES, J. S. **Modelo estruturado para a implementação do lean production**. Rio de Janeiro, RJ. 2003.

MOORE, J. M. **Plant layout and design**. New York: Macmillan Publishing Company, 1962.

NABACK, G. L. S. **Planejamento de canteiro de obras**. Poços de Caldas, MG. 2008.

OLIVEIRA, J. A. C. **Proposta de avaliação e classificação da sustentabilidade ambiental de canteiros de obras**. Metodologia ECO OBRA aplicada no Distrito Federal - DF. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E. TD - 003A - 2011, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília. DF. 286 p.

OTTO, K. **Ökologisches Bauen - Standort**. Technologie und Politik 18: 1982. 30 - 46 p.

PICCHI, F. A. **Oportunidades da aplicação do lean thinking na construção**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, 2003. Vol. 03, No. 01, p. 7-23.

PINHEIRO, M. D. **Ambiente e construção sustentável**. Portugal: Instituto do Ambiente, 2006.

PINTO, P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**. Sinduscon-SP, São Paulo, 2005.

PONTES, L. A. C. P. **Análise do impacto do planejamento de curto prazo nos princípios da construção enxuta: um estudo de caso**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

ROMERO, M. A. B. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

ROVERS, R. **Sustainable building: an international overview of current and future activities**. In: 18th International Conference on Passive and Low Energy Architecture – PLEA 2001. Florianópolis, 2001.

\_\_\_\_\_. **Sustainable building and construction: facts and figures**. UNEP Industry and Environment. 2003.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. Vol.2, 96 p.

SANTOS, A. **Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso.** Porto Alegre, 2007.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM – Quatro revoluções na gestão da qualidade.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção.** Traduzido por: Eduardo Schaan. 2ª Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 291p.

SILVA, I. G. P.; RODRIGUES, D. F.; PINHEIRO, N. V. **Cadeia produtiva da construção civil: uma análise sobre a sustentabilidade.** Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Departamento de Administração. UFPB - PRG. 2008. Disponível em: <[http://www.prac.ufpb.br/anais/xenex\\_xienid/xi\\_enid/monitoriapet/ANAIS/Area5/5CCSADAMT01.pdf](http://www.prac.ufpb.br/anais/xenex_xienid/xi_enid/monitoriapet/ANAIS/Area5/5CCSADAMT01.pdf)>. Acesso em: 21 maio 2013.

SILVA, M. A. C. **Identificação e análise dos fatores que afetam a produtividade sob a ótica dos custos de produção das empresas de edificações.** Dissertação de Mestrado em Engenharia - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1986.

SILVA, V. G. D. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, São Paulo, 2003. 210p.

\_\_\_\_\_. **Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para o desenvolvimento no Brasil.** Ambiente Construído. 2007. 47 - 66 p.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. **Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para a avaliação de sustentabilidade.** Revista Ambiente Construído, v. 3, n° 3: ANTAC: Porto Alegre, 2006.

SILVA, Thiago. **Casa sustentável, vida saudável.** 2010. Disponível em: <<http://www.educastro.net.br/2010/01/veja-como-construir-uma-casa.html>>. Acesso em: 12 out. 2011.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE GOIÁS – SINDUSCON-GO. **Panorama da construção civil no estado de Goiás.** 2008. Disponível em: <<http://www.sinduscongoias.com.br/index.php/economia-e-estatistica/indicadores-economicos>>. Acesso em: 20 set. 2011.

\_\_\_\_\_. **Empreendimentos certificados pelo LEED em Goiás.** Goiânia, 18 set. 2011. Depoimento cedido por telefone pela coordenadora da área de certificações de edificações do SINDUSCON-GO.

SKOYLES, E. R.; *et al.* Wastage of Materials on Building Sites. **Building Research Establishment.** Building Research Station. February, 1974.

TEIXEIRA, M. P. **Análise da sustentabilidade no mercado imobiliário residencial brasileiro**. 2010. 136f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; RUTTKAY, O. F.; CLARO, A.; MONTI, R.; BITTENCOURT, D.; ARANTES, O. K.; GOMES, V.; GHISI, E.; WESTPHAL, F. **Certificação LEED como norteador do processo de projeto para um edifício comercial em Florianópolis, Brasil**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

TRIGUEIRO, A. **Palestra TED x Sudeste - Repensar o consumo**. 2010. Disponível em: <[http://www.youtube.com/watch?v=\\_t223swPVIA](http://www.youtube.com/watch?v=_t223swPVIA)>. Acesso em: 20 mar. 2012.

TOMMELEIN, I. D. **Construction site layout using blackboard reasoning with layered knowledge**. In: ALLEN, Robert H. (Ed.). *Expert systems for civil engineers: knowledge representation*. New York: ASCE, 1992. 287 p.

TUBINO, D. F. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre, 1999.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, 1992.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED for New Construction Reference Guide V. 3**. Washington: WGBC, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Traduzido por: Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

\_\_\_\_\_. **A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking**, Rio de Janeiro: Campus, 1996.

\_\_\_\_\_. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Trad. por: Ana Beatriz Rodrigues. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 427p.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking**. Free Press, New York, 2003. 396 p.

XIAOPING, M.; HUIMIN, L.; QIMING, L. **A comparison study of mainstream sustainable/green building rating tools in the world**. IEEE Xplore. 2009.

YIN, S. Y. L.; TSERNG, H. P.; TSAI, M. D. **A model of integrating the cycle of construction knowledge flows: Lessons learned in Taiwan**. *Automation in Construction*, 2008. V.17, p.536-549.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A

#### TERRENO SUSTENTÁVEL

**Pré-requisito: *Prevenção de poluição nas atividades de construção.***

Elaborar e implementar um Plano de Prevenção de Poluição do Solo e do Ar para reduzir a poluição proveniente das atividades de construção, controlando a erosão do solo, o assoreamento dos cursos d'água e a geração de poeira na vizinhança.

**Créditos:**

<b>Escolha do terreno</b>	Proibida a construção de empreendimentos em área rural, área não desenvolvida inundável, área que seja <i>habitat</i> de espécies animais e vegetais protegidas por legislação, área de mata ciliar, área de preservação permanente ou área destinada a parques públicos.
<b>Densidade urbana e conexão com a comunidade</b>	Desenvolver o empreendimento em áreas urbanas consolidadas, a fim de proteger as áreas nativas e preservar os recursos e <i>habitats</i> naturais.
<b>Remediação de áreas degradadas</b>	Construir em terreno que seja comprovadamente contaminado, promovendo a remediação da área, ou em terreno dito degradado pelo governo local, reduzindo a especulação imobiliária em áreas não desenvolvidas.
<b>Transporte</b>	Reduzir a poluição e os impactos gerados pela utilização de veículos, prover bicicletário seguro para 5% ou mais do total de usuários do edifício e reduzir a poluição e os impactos do desenvolvimento gerados pela utilização de veículos.
<b>Desenvolvimento do espaço</b>	Conservar áreas naturais existentes e restaurar áreas contaminadas a fim de promover a biodiversidade, e proporcionar áreas livres no terreno, com a finalidade de promover a biodiversidade e reduzir o impacto da construção.
<b>Transporte</b>	Reduzir a poluição e os impactos gerados pela utilização de veículos, prover bicicletário seguro para 5% ou mais do total de usuários do edifício e reduzir a poluição e os impactos do desenvolvimento gerados pela utilização de veículos.
<b>Desenvolvimento do espaço</b>	Conservar áreas naturais existentes e restaurar áreas contaminadas a fim de promover a biodiversidade, e proporcionar áreas livres no terreno, com a finalidade de promover a biodiversidade e reduzir o impacto da construção.

---

<b>Projeto de águas pluviais</b>	Limitar a alteração na hidrologia natural por meio da redução das superfícies impermeabilizadas, aumentando a infiltração no terreno e gerenciando o escoamento das águas pluviais no empreendimento além de implementar um plano de gerenciamento de águas pluviais para redução de coberturas impermeáveis, promoção de infiltração e coleta e tratamento da água de escoamento referente a 90% da média anual de chuva. As ações devem ser definidas, assegurando que pelo menos 80% do Total de Sólidos Suspensos (TSS) sejam removidos do escoamento superficial.
<b>Ilhas de calor</b>	Reduzir as ilhas de calor para minimizar o impacto no microclima e no ambiente urbano.
<b>Poluição luminosa</b>	Reduzir a potência da iluminação interna, no mínimo, em 50%, através da utilização de dispositivos de controle automático (programação horária) das luminárias internas não emergenciais que emitam luz para fora da edificação, no período das 23h às 5h.

---

## APÊNDICE B

---

**MATERIAIS E RECURSOS**


---

**Pré-requisito: *Depósito de recicláveis.***

Buscar fornecer área facilmente acessível, que atenda todo o edifício, para coleta e acondicionamento de recicláveis, incluindo, no mínimo, os seguintes materiais: papel, papelão, vidro, plásticos e metais, e desenvolver um Plano de Gestão de Resíduos para uso do empreendimento. Nesse documento deve constar: detalhes de plantas que indiquem depósitos nos andares (pavimento-tipo), depósito central, perfil de geração (estimativa) e o programa de comunicação visual e de educação que instrua os usuários quanto à coleta seletiva.

**Créditos:****Reuso do edifício**

Tem como objetivo manter estruturas, fachadas e vedações verticais existentes no terreno original, com base na área de superfície estrutural construída. Manter também elementos não estruturais internos como portas, paredes, pisos e sistemas de forros, em no mínimo 50% da área total construída da nova edificação, incluindo adições. Caso o novo projeto contemple adições que somadas representem 2 vezes ou mais a área total construída anterior a adição, este crédito não é aplicável.

**Gestão de resíduos em obras**

Consiste em não encaminhar os resíduos de obra para aterros, mesmo que licenciados. Os resíduos devem ser destinados para reciclagem ou reaproveitados na obra. A quantidade (em volume) que deve ser desviada de aterros é de, no mínimo, 50% (1pto) ou 75% (2pts), excluindo-se resíduos perigosos e solo/terra.

**Reuso de materiais**

Objetiva usar materiais oriundos de demolição, quer sejam recuperados, recondicionados ou reutilizados, totalizando 5% ou 10% do custo de materiais do empreendimento.

**Conteúdo reciclado**

Utilizar materiais com conteúdo reciclado, cuja soma das porcentagens de pós-consumo mais a metade das porcentagens de pré-consumo constituam, pelo menos, 10% ou 20% do custo total de materiais do empreendimento (excluindo mão-de-obra de instalação). O conteúdo reciclado deve ser calculado com base no peso do material e os conceitos de pós-consumo e pré-consumo deverão seguir a ISO14021. São excluídos desses cálculos materiais mecânicos, elétricos e hidrossanitários.

---

**Materiais regionais**

Usar materiais ou produtos no edifício que tenham sido extraídos, beneficiados e manufaturados num raio de 800 km do empreendimento. Pelo menos 10% ou 20% do custo total de materiais (excluindo mão-de-obra de instalação) devem estar dentro do raio especificado. Se somente uma fração do produto ou material é extraído, beneficiado e manufaturado regionalmente, então apenas esta percentagem – em peso - deverá contribuir para o cálculo.

**Materiais rapidamente renováveis**

Utilizar materiais e produtos rapidamente renováveis que representem, no mínimo, 2,5% do custo total de materiais e produtos utilizados no projeto. Materiais rapidamente renováveis são aqueles que utilizam matéria-prima proveniente de plantas cujo ciclo de renovação é de 10 anos ou menos.

**Madeira certificada**

Utilizar um mínimo de 50% de materiais e produtos de madeira incorporada ao edifício certificados de acordo com o *Forest Stewardship Council* (FSC).

## ANEXOS

### ANEXO 1

1. Especificar valor: o valor é criado pelo produtor. Entretanto é definido apenas pelo cliente e apenas tem sentido quando é expresso por meio de um produto específico, seja ele um serviço, um bem ou ambos. O pensamento *Lean* deve começar com uma tentativa consciente para definir precisamente o valor em termos de produtos específicos, com capacidades específicas, oferecidos a um preço específico por meio do diálogo com clientes específicos;

2. Identificar a cadeia de valor: a cadeia de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para um produto específico percorrer as tarefas de resolução de problemas, tarefas de gerenciamento de informação e a tarefa de transformação física. Nesta etapa podem ser encontrados três tipos de atividades: aquelas que realmente agregam valor ao produto; aquelas que não agregam valor diretamente, mas são necessárias para o processo de produção; e aquelas que além de não agregarem valor ao produto são desnecessárias. Deve-se identificar e eliminar desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, da matéria-prima ao cliente final. Para isso, faz-se necessário que se faça a gestão de fluxos físicos de pessoas, materiais e equipamentos em canteiro de obra, que deve fazer parte do processo de planejamento e controle da produção;

3. Fluxo: após identificar o valor e definir a cadeia de valor de um produto específico é necessário fazer com que as atividades que diretamente geram valor fluam. Deve-se realizar todas as atividades que agregam valor sem interrupções, eliminando os desperdícios e reduzindo o *lead time* (tempo de processo de produção de um produto). Seguindo este raciocínio pode-se dizer que o conceito de fluxo é fundamental dentro da filosofia *Lean*. Sua implantação resulta, por exemplo, na utilização de produção celular, onde a produtividade é alta, devido ao uso de conceitos tais como: fluxo de uma peça, operadores multifuncionais, e ritmo padronizado e controlado.

4. Puxar: o cliente puxa a produção. Para o *Lean Thinking*, produzir mais do que o necessário, criando estoques (superprodução), é a forma de desperdício mais combatida, inclusive por ser esta uma cultura largamente difundida pela produção em massa. *Lean Production* significa produzir na quantidade certa, na hora certa, somente para atender à demanda;

5. Perfeição: não há fim no processo de redução de esforços, tempo, espaço, custos e erros, enquanto se oferece um produto que busca sempre ir ao encontro daquilo que o cliente deseja.

Fazer com que o valor flua rapidamente pelo processo sempre expõe desperdícios escondidos na cadeia de valor. E quanto mais se puxar mais restrições no fluxo são reveladas para que possam ser removidas. A busca pela perfeição é um processo contínuo. Quanto mais se analisa o fluxo de produção, mais melhorias é possível realizar.

### Princípios da lean construction

Anteriormente aos cinco princípios propostos por Womack e Jones (2003), Koskela (1992) apresentou onze princípios para projeto e melhoria de fluxo de processo os quais representam a base de diversas atividades e trabalhos de aplicação prática dos princípios da mentalidade enxuta na construção. Vários destes princípios estão intimamente ligados, mas não no mesmo nível. Alguns são teoricamente mais fundamentados e outros estão voltados à aplicação prática. Os princípios são:

1. Reduzir o número de atividades que não agregam valor: atividades que não agregam valor são dominantes na maioria dos processos. Há três causas principais para este problema: o desenho de organizações hierárquicas do processo gera um maior grau de especialização nos processos, aumentando as atividades que não agregam valor; a falta de conhecimento ao criar um processo de produção sem levar em conta a ordem das atividades; e a natureza da produção que faz com que haja atividades que não agregam valor;
2. Aumentar o valor da saída considerando os requisitos do cliente: há dois tipos de cliente: o cliente final e o cliente da atividade posterior; neste caso o enfoque prático é criar um desenho de fluxo no qual o cliente é identificado em cada etapa do processo, e suas necessidades são analisadas;
3. Reduzir variabilidade: processos de produção são variáveis; entretanto a variabilidade aumenta o número de atividades que não agregam valor e gera produtos não uniformes. O enfoque prático para diminuir a variabilidade é medir a variabilidade e eliminá-la em sua base. A utilização de processos padronizados reduz a variabilidade tanto nas atividades de conversão como nas de fluxo;
4. Reduzir o tempo de ciclo: o tempo de ciclo é composto pelo tempo de processamento mais o tempo de inspeção mais o tempo de espera mais o tempo de movimentação. Por meio da compressão do tempo das atividades de inspeção, espera e movimentação é possível obter uma redução. A redução do tempo de ciclo também leva a uma entrega mais rápida do

produto ao cliente, à redução da necessidade de previsão para demanda futura e auxilia o gerenciamento, devido à redução de número de pedidos a ser observada;

5. Simplificar através da minimização do número de passos e partes: um sistema complexo apresenta custo superior, além de ser menos confiável do que sistemas simples. A simplificação pode ocorrer por meio da redução do número de componentes de um produto e do número de passos em um fluxo de materiais ou informações. Também pode ocorrer por meio da redução de atividades que não agregam valor no processo e pela reconfiguração de partes e passos que agregam valor, e por mudanças organizacionais;

6. Aumento da flexibilidade das saídas: pode ser alcançada por meio da redução do tamanho de lotes até praticamente se equivaler à demanda, reduzir a dificuldade de setups e mudanças, customizar o mais tarde possível e treinar trabalhadores em várias tarefas;

7. Aumento da transparência do processo: a falta de transparência aumenta a propensão a erros, reduz sua visibilidade e diminui a motivação por melhorias. É importante tornar todo o processo transparente para facilitar controle e melhorias. Técnicas para a melhoria de transparência incluem tornar o processo diretamente visível por meio de leiaute e sinalizações, utilização de controles visuais, redução da interdependência de unidades de produção, estabelecimento da manutenção básica do processo, entre outras;

8. Focar controle em todo o processo: há pelo menos dois pré-requisitos para focar controle no processo; primeiramente todo o processo deve ser medido; em segundo lugar deve haver um responsável pelo controle de todo o processo, podendo este ser um gerente responsável por processos funcionais cruzados ou utilizando equipes que se autodirigem para controlar seu próprio processo;

9. Introduzir melhoria contínua ao processo: a redução do desperdício e o aumento de valor são atividades interativas e devem ser feitas continuamente. Há alguns métodos para institucionalizar a melhoria contínua, como a medição e o monitoramento das melhorias, o estabelecimento de metas esticadas, a atribuição de responsabilidade sobre as melhorias a todos os operários, o desafio constante na busca de melhores caminhos, e a ligação das melhorias ao controle. A meta é eliminar a raiz dos problemas ao invés de cooperar com seus efeitos;

10. Balancear melhoria nos fluxos por meio de melhoria nas conversões: as melhorias nos fluxos estão intimamente ligadas às melhorias nas conversões. Fluxos melhorados requerem menos capacidade na conversão; fluxos mais controlados tornam a implantação de novas

tecnologias de conversão mais fáceis e novas tecnologias de conversão podem gerar baixa variabilidade, beneficiando os fluxos. Entretanto, é indicado tratar das melhorias de fluxo antes da busca de melhorias nas atividades de conversão.

11. Benchmark: o benchmark trata de uma pesquisa no mercado para buscar possibilidades de melhorias através do conhecimento das técnicas da concorrência. Para tal é necessário conhecer o processo; conhecer os líderes industriais ou concorrentes, descobrindo, compreendendo e comparando as melhores práticas; incorporar o melhor, copiando, modificando ou incorporando as melhores práticas nos próprios subprocessos; e atingir a superioridade combinando as forças existentes com as melhores práticas externas.

## ANEXO 2

- **Idealização / Planejamento** - fase inicial do ciclo de vida de um edifício, na qual o empreendimento é concebido. Nesta etapa são realizados estudos de viabilidade física, econômica e financeira. São feitos, também, estudo de legislação, estudo das condições naturais e entorno.

- **Concepção / Projeto** - esta fase envolve todas as atividades entre o pré-projeto e o início da construção do empreendimento. São elaborados os projetos e suas especificações, bem como a programação do desenvolvimento das atividades construtivas.

- **Construção / Implantação** - é a fase de construção do edifício. Nesta fase, o canteiro de obra deve funcionar de acordo com o planejado nas etapas anteriores.

- **Uso / Operação** - é a fase de operação do empreendimento, etapa em que ele é ocupado por seus usuários. Também é o período em que há necessidade de reposição de componentes que atingiram o final de sua vida útil e de manutenção de equipamentos e sistemas, ou então em que há necessidade de correção de falhas de execução, patologias, ou ainda modernização do empreendimento e adequação a alterações de comportamento do usuário.

- **Requalificação / Demolição** - é a etapa final de vida do edifício. Nesta fase o edifício passa por uma requalificação para adequação a um novo uso, ou é demolido.

## ANEXO 3

### Etapas de planejamento de canteiro de obra

As principais informações que devem ser coletadas nessa etapa são:

- Programa de necessidades do canteiro: devem ser listadas todas as instalações de canteiro que deverão ser locadas, estimando-se a área aproximada necessária para cada uma delas;

- Informações sobre o terreno e o entorno da obra: devem estar disponíveis informações tais como a localização de árvores na calçada e dentro do terreno, pré-existência de rede de esgoto, passagem de rede alta tensão em frente ao prédio, desníveis do terreno, rua de trânsito menos intenso caso o terreno seja de esquina. Mesmo que estas informações estejam representadas nas plantas dos vários projetos, é recomendável a conferência *in loco*;

- Definições técnicas da obra: devem estar definidas as principais tecnologias construtivas adotadas, a fim de que se possa ter claro quais serão os espaços necessários para a circulação, estocagem de materiais e áreas de produção. São exemplos de definições desta natureza o tipo de estrutura (concreto usinado, pré-moldados, estrutura de aço), tipo de argamassa (ensacada, pré-misturada ou feita na obra), tipo de bloco de alvenaria ou tipo de revestimento de fachadas. Deve ser definido também o sistema construtivo das instalações provisórias;

- Cronograma de mão-de-obra: deve ser estimado o número de operários no canteiro para três fases básicas do *layout*, ou seja, para a etapa inicial da obra, a etapa de pico máximo de pessoal e a etapa final ou de desmobilização do canteiro;

- Cronograma físico da obra: a elaboração do cronograma de *layout* requer a consulta ao cronograma físico da obra, uma vez que é normal a existência de interferências entre ambos. Embora o cronograma físico original possa sofrer pequenas alterações para viabilizar um *layout* mais eficiente, deve-se, na medida do possível, procurar tirar proveito da programação estabelecida sem alterá-la. Entretanto são comuns situações que exigem, por exemplo, o retardamento da execução de trechos de paredes, rampas ou lajes para viabilizar a implantação do canteiro. Além destas análises de atrasos ou adiantamento de serviços, o estudo do cronograma físico permite a coleta de outras informações importantes para o estudo do *layout*, como, por exemplo, a verificação da possibilidade de que certos materiais não venham a ser estocados simultaneamente a outros (blocos e areia, por exemplo), o prazo de

liberação de áreas da obra passíveis de uso por instalações de canteiro, prazo de início da alvenaria (para reservar área de estocagem de blocos);

- Consulta ao orçamento: com base no levantamento dos quantitativos de materiais e no cronograma físico, podem ser estimadas as áreas máximas de estoque para os principais materiais.

A segunda etapa, a de definição do arranjo físico geral, também denominado de *macro-layout*, envolve o estabelecimento do local em que cada área do canteiro (instalação ou grupo de instalações) irá situar-se, devendo ser estudado o posicionamento relativo entre as diversas áreas. Nesta etapa define-se de forma aproximada, a localização das áreas de vivência, áreas de apoio e área do posto de produção de argamassa.

Como terceira etapa tem-se o arranjo físico detalhado. Envolve o detalhamento do arranjo físico geral, ou a definição do *micro-layout*, no qual é estabelecida a localização de cada equipamento ou instalação dentro de cada área do canteiro. Nesta etapa define-se a localização de cada instalação dentro das áreas de vivência, ou seja, as posições relativas entre vestiário, refeitório e banheiro, com as respectivas posições de portas e janelas;

A quarta etapa é a do detalhamento das instalações. Definido o arranjo físico do canteiro, faz-se necessário planejar a infraestrutura necessária ao funcionamento das instalações. Desta forma, com base nos padrões da empresa, devem ser estabelecidos, por exemplo, a quantidade e tipos de mesas e cadeiras nos refeitórios, quantidade e tipos de armários nos vestiários, técnicas de armazenamento de cada material, tipo de pavimentação das vias de circulação de materiais e pessoas, local e forma de fixação das plataformas de proteção;

E como quinta e última etapa, o cronograma de implantação. Este cronograma deve apresentar graficamente o sequenciamento das fases de *layout*, além de explicitar as fases ou eventos da execução da obra (concretagem de uma laje, por exemplo) que determinam uma alteração no *layout*. O cronograma de implantação pode estar inserido no plano de longo prazo de produção, sendo útil para a divulgação do planejamento, para a programação da alocação de recursos aos trabalhos de implantação do canteiro, e, ainda, para o acompanhamento da implantação, facilitando a identificação e análise de eventuais atrasos.

## ANEXO 4

### Práticas do programa 5S

A primeira prática, o descarte, tem como princípio identificar materiais ou objetos que são desnecessários no local de trabalho e encaminhá-los ao descarte, retirando-os do canteiro de obra. Além de liberar áreas do canteiro, o descarte pode resultar em benefícios financeiros através da venda dos materiais.

A segunda prática, a organização, visa a estabelecer lugares certos para todos os objetos, diminuindo o tempo de busca pelos mesmos. A implementação da prática pode se dar através de comunicação visual e padronização. A definição de lugares certos para cada documento no escritório, o etiquetamento de prateleiras de materiais no almoxarifado ou o uso de uma cor diferente nos capacetes dos visitantes, são exemplos de práticas adotadas.

A terceira prática, a limpeza, além de tornar mais agradável o ambiente de trabalho, visa melhorar a imagem da empresa perante clientes e funcionários e facilitar a manutenção dos equipamentos e ferramentas. Um local mais limpo é mais transparente, permitindo a identificação visual de problemas e facilitando o acesso aos equipamentos.

A quarta prática, o asseio, tem como objetivos conscientizar os trabalhadores acerca da importância de manter a higiene individual, assim como de manter condições ambientais satisfatórias de trabalho, tais como os níveis de ruído, iluminação e de temperatura.

A quinta e última prática, a da disciplina, visa desenvolver a responsabilidade individual e a iniciativa dos trabalhadores, podendo ser desenvolvida através do treinamento. Esta prática pode ser medida, por exemplo, através dos níveis de utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI).

## ANEXO 5

## Planta Planialtimétrica do Estádio Maracanã



ANEXO 6

Planta de *layout* do canteiro de obra do Estádio Maracanã

