

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
CRÍTICA, SÍNTESE, MODELO DE POLÍTICA E
GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS.**

Silvio Romero Fonseca Motta

Belo Horizonte

2009

**SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
CRÍTICA, SÍNTESE, MODELO DE POLÍTICA E
GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS.**

Silvio Romero Fonseca Motta

Silvio Romero Fonseca Motta

**SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
CRÍTICA, SÍNTESE, MODELO DE POLÍTICA E
GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração: Materiais de Construção Civil

Linha de pesquisa: Gestão de empreendimentos em Construção Civil

Orientador: Profa. Dra. Maria Teresa Paulino Aguiar

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: CRÍTICA, SÍNTESE,
MODELO DE POLÍTICA E GESTÃO DE EMPREENDIMENTOS**

Silvio Romero Fonseca Motta

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Construção Civil Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Maria Teresa Paulino Aguilar
DEMC/UFMG (Orientadora)

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery
DEMC/UFMG

Profa. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza
TAU/UFMG

Eng. Dr. Roberto de Souza
CTE/São Paulo

Prof. Dr. Siegbert Zanettini
FAU/USP

Belo Horizonte, 25 de março de 2009.

“... certos conhecimentos por meio de conceitos, cujos objetos correspondentes não podem ser fornecidos pela experiência, emancipam-se dela e parece que estendem o círculo de nossos juízos além dos seus limites.”

“Porque, onde basearia a experiência a sua certeza se todas as regras que empregasse fossem sempre empíricas e contingentes?”

Immanuel Kant

RESUMO

Nosso modelo de desenvolvimento é caracterizado pelo alto consumo de recursos naturais e pela degradação ambiental. As limitações de quantidade de recursos naturais e as mudanças ambientais e climáticas decorrentes dessas características mostram que esse quadro é insustentável. A consciência da necessidade de um novo modelo de desenvolvimento que busque a sustentabilidade se mostra cada vez mais presente na sociedade. O setor de construção civil, visto como agente produtor dos ambientes construídos, é essencial nesse novo paradigma, devendo adotar novas práticas baseadas em conceitos coerentes com a sustentabilidade. Existem muitas discussões e pesquisas que buscam os conceitos e práticas necessários para a sustentabilidade no setor, no entanto é necessário que as informações sejam melhor direcionadas e integradas. O presente trabalho tem o objetivo de contribuir para este desafio, através da discussão do conceito teórico da sustentabilidade no ambiente construído e da proposição de um modelo de aplicação prática do mesmo. Para isso, se discute a situação atual da sustentabilidade na construção civil através do estudo dos conceitos de sustentabilidade relacionados ao nosso modelo de desenvolvimento econômico, e da percepção dos mesmos na construção civil. Também são analisadas as práticas de sustentabilidade já adotadas nos empreendimentos de construção civil. Os resultados desses estudos são apresentados através de uma análise crítica da situação atual da sustentabilidade em relação ao momento histórico e a construção civil. São expostas algumas afirmações e dúvidas da realidade do setor da construção. Utilizando-se métodos de síntese desses conhecimentos e uma abordagem holística, o trabalho apresenta um conceito de sustentabilidade relacionado ao ambiente construído e aos empreendimentos de construção civil. O conceito proposto possui características de processo aberto e inventivo, entendidos como aspectos fundamentais da sustentabilidade, e mostram potencial de contribuir para novos conhecimentos e para aplicação prática da sustentabilidade no setor. O trabalho desenvolve ainda, um modelo de política e de gestão de empreendimentos, incluindo uma ferramenta de auxílio a decisões, que permitam uma aplicação coerente com os conceitos propostos. Esses se mostraram válidos como uma primeira aproximação de intenção experimental, e com possibilidades de serem testados ou falseados.

Palavras chaves: Sustentabilidade, Construção Civil, Gestão, Ambiente Construído.

ABSTRACT

Our development model is characterized by high consumption of natural resources and environmental degradation. The limitations of natural resources quantity as well as the environmental and climate changes resulting from these characteristics show that this framework is unsustainable. The awareness of the need for a new development model that seeks sustainability is increasingly present in society. The construction sector, seen as producing agent of the built environment, is essential in this new paradigm, and has to adopt new practices based on concepts consistent with sustainability. There are many discussions and studies that seek the concepts and practices necessary for sustainability in the sector, however it is necessary that information be better targeted and integrated. This paper aims to contribute to this challenge by discussing theoretical concept of sustainability in the built environment and proposing a model of practical application of it. To do this, discuss the current state of sustainability in construction through the study of sustainability concepts related to our economic development model, and the perception of them in construction. Also is analyzing the sustainability practices already adopted in the projects construction. The results of these studies are presented through a critical analysis of the current state of sustainability in relation to the historical moment and the civil construction. Some statements and questions of the construction sector reality are exposed. Using the methods of synthesis of this knowledge and a holistic approach, the paper presents a concept of sustainability related to the built environment and civil construction project. The proposed concept has open and inventive characteristics, understood as fundamental aspects of sustainability, and shows potential to contribute to new knowledge and sustainability practical application in the sector. The work also develops a model of politic and management of projects, including a management decision tool, allowing a consistent application of the concepts proposed. This has been valid as a first approximation of experimental intention and has possibilities to be tested or falsified.

Key Words: Sustainability, Civil Construction, Management, Built Environment.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE QUADROS	14
LISTA DE TABELAS.....	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	16
1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVO	22
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
3.1. Desenvolvimento Sustentável	23
3.1.1. Histórico do desenvolvimento sustentável.....	23
3.1.2. Conceito de desenvolvimento sustentável.....	25
3.2. Ambiente Construído e Sustentabilidade	26
3.2.1. Histórico da sustentabilidade no ambiente construído.....	27
3.2.2. Conceitos e práticas de sustentabilidade no ambiente construído	29
3.3. Atribuição de Valores de Sustentabilidade ao Ambiente Construído.	35
3.3.1. Dimensão Ambiental.....	35
3.3.1.1. Análise do ciclo de vida.....	35
3.3.1.2. Ferramentas de ACV.	37
3.3.2. Dimensão Social.....	39
3.3.3. Dimensão Econômica.....	40
3.3.3.1. Qualidade.....	40
3.4. Sistemas de Classificação e Indicadores de Sustentabilidade no Ambiente Construído.....	45
3.4.1. BREAM.....	46

3.4.2. LEED	52
3.4.2.1. Versão LEED 2.2	54
3.4.2.2. Versão LEED 2009	58
3.4.3. HQE.....	60
3.5. Estado da Arte no Brasil.....	62
3.6. Abordagem Sistêmica	69
3.6.1. Teoria geral dos sistemas.....	69
3.6.2. Complexidade.....	71
3.6.3. Entropia	72
3.7. Dialética	73
4. MATERIAIS E MÉTODOS	75
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	76
5.1. Crítica.....	76
5.1.1. Dialética da sustentabilidade	76
5.1.2. Abordagem sistêmica do ambiente construído.....	77
5.1.3. Inserção horizontal da sustentabilidade.....	79
5.2. Síntese	87
5.2.1. Verticalidade	88
5.2.2. Sistema complexo e aberto	91
5.2.3. Processo criativo inventivo dialético.	94
5.3. Modelo de Política e Gestão	97
5.3.1. Características do modelo.	97
5.3.2. Proposta de ferramenta de auxílio de decisões: seleção prioritária....	105
6. CONCLUSÕES	113

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
8. BIBLIOGRAFIA.....	122

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dimensões da sustentabilidade (ELKINGTON, 1994).	26
Figura 2 - Qualidade Total e Qualidade do produto.	41
Figura 3 - Representação de um processo de produção (adaptado de MELHADO, 1999).	42
Figura 4 - Sustentabilidade inserida dentro da qualidade do produto.	43
Figura 5 - Processo de avaliação, ponderação e classificação do BREEAM (BRE, 2007).	47
Figura 6 - Portfólio das ferramentas LEED (USGBC, 2008).	53
Figura 7 - Ferramentas do LEED relacionada às fases do empreendimento (USGBC, 2008).	53
Figura 8 - CENPES II	67
Figura 9 - Interação e funções dos sistemas do edifício CENPES II	68
Figura 10 - Eixo central do CENPES II	69
Figura 11 - Representação da produção de um edifício (adaptado de MELHADO, 1999).	78
Figura 12 - Consumo de energia no ciclo de vida de edifícios - <i>Building and Climate Change</i> , UNEP. (TAIPALE, 2007).	80
Figura 13 - Custo percentual nas fases do ciclo de vida de um edifício comercial em 50 anos (CEOTTO, 2008).	80
Figura 14 - Influência de modificações nas fases de concepção, projeto e construção no desempenho e custo de um empreendimento (Adaptado de CRAVEN, 2006).	81

Figura 15 -	Relações no processo de produção de um edifício.	82
Figura 16 -	Entrada de produtos e serviços de terceiros no processo de produção de um edifício.	83
Figura 17 -	Inserção horizontal da sustentabilidade.	85
Figura 18 -	Produtos e serviços de terceiros na inserção horizontal da sustentabilidade.	86
Figura 19 -	Inserção vertical da sustentabilidade.	90
Figura 20 -	Centro de pesquisa e tecnologia nas edificações.	93
Figura 21 -	Representação do processo criativo de um edifício (Adaptado de LONGO, 1998).	94
Figura 22 -	Processo inovativo-tecnológico de um edifício (Adaptado de LONGO, 1998).	95
Figura 23 -	Processo criativo para sustentabilidade (Adaptado de LONGO, 1998).	95
Figura 24 -	Representação de um centro de pesquisa científica e tecnológica em edificações.	96
Figura 25 -	Sustentabilidade como quesito da Qualidade Total.	98
Figura 26 -	Requisitos da sustentabilidade.	99
Figura 27 -	Atividades do centro de pesquisa em edificações.	100
Figura 28 -	Atuação da política de sustentabilidade.	101
Figura 29 -	Representação gráfica tridimensional dos aspectos econômico, ambiental e sócio.	106
Figura 30 -	Representação gráfica tridimensional considerando dois níveis de desempenho em cada dimensão.	107

Figura 31 -	Sequência de representação das dimensões da ferramenta.....	108
Figura 32 -	Posicionamentos dos materiais na ferramenta.	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão ambiental (adaptado de SILVA, 2003).....	31
Quadro 2 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão social (adaptado de SILVA, 2003).....	32
Quadro 3 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão econômica (adaptado de SILVA, 2003).....	33
Quadro 4 - Categorias de impacto ambiental: ponto médio e ponto final (adaptado de UGAYA,2008)	37
Quadro 5 - Requisitos de desempenho para qualidade de um empreendimento (Adaptado de FABRICIO, 2002).....	43
Quadro 6 - Influência da inserção horizontal da sustentabilidade na estrutura pessoal e setor.	87
Quadro 7 - Influência da inserção vertical da sustentabilidade na estrutura pessoal e setor.	91
Quadro 8 - Ferramenta de análise e prioridade de ações práticas (CEOTTO, 2008)	105
Quadro 9 - Dados de uma análise de materiais hipotéticos.	109
Quadro 10 - Classificação final dos materiais.	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Pontuação e <i>checklist</i> do BREEAM-EcoHomes.....	48
Tabela 2 -Nível de classificação do BREEAM-EcoHomes.	52
Tabela 3 -Pontuação máxima por categoria: LEED-NC e LEED-CS versão 2.2... 	55
Tabela 4 -Pontuação e níveis de certificação para edifícios de escritório: LEED-NC e LEED-CS v 2.2.	55
Tabela 5 -Créditos do LEED-NC 2.2.	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise de Ciclo de Vida
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
AsBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
ASTM	American Society for Testing and Materials
BedZED	Beddington Zero Energy Development
BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability
BIM	Building Information Modeling
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CasBee	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CIB	International Council for Research and Innovation In Building and Construction
CML	Centrum voor Milieukunde
CPDS	Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável
COVs	Componentes Orgânicos Voláteis
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
EDIP	Environmental Design of Industrial Products
EPA	United States Environmental Protection Agency
EPS	Environmental Priority Strategies
FCAV	Fundação Carlos Alberto Vanzolini
GBC	Green Building Council
GBCBrasil	Green Building Council Brasil

GHC	Greenhouse gases (substâncias causadoras de efeito estufa)
HQE	Haute Qualité Environnementale
IBICT	Instituto Brasileiro para a Informação na Ciência e na Tecnologia
IDHEA	Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica
IETC	International Environmental Technology Centre
IFBQ	Instituto Falcão Bauer da Qualidade
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Analysis
LCC	Life Cycle Cost
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LIME	Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling
NBR	Norma Brasileira Registrada
NIST	National Institute of Standards and Technology
NOC	Novos Olhares sobre a Construção
NO _x	Oxídeos de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
ONU	Organização das Nações Unidas
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
QEB	Qualité Environnementale du Bâtiment
RCD	Resíduos de construção e demolição
SETAC	Society for Environmental Toxicology and Chemistry
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento
SGQ	Sistema de Gestão para Qualidade
SMO	Système de Management d'Opération

TBL	Triple Bottom Line
TGS	Teoria Geral de Sistemas
TRACI	Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Environmental Impacts)
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UNCED	United Nation Conference on Environment and Development
UNEP	United Nations Environment Programme
USBCG	United States Green Building Council
WCED	World Commission on Environment and Development

1. INTRODUÇÃO

Nosso modelo de desenvolvimento se baseia em um crescente consumo de recursos naturais, que tem como consequência a degradação e poluição ambiental. Segundo METHA (1999), esse crescimento se dá tanto por parte de países industrialmente ricos quanto pelos países em desenvolvimento ou industrialmente pobres. Nos países ricos, a manutenção dos elevados padrões de vida promove um consumo cada vez maior. Por outro lado, nos países em desenvolvimento, a busca por melhorias em seus padrões de vida, conduz a um elevado crescimento no consumo dos recursos naturais. As limitações no que diz respeito à quantidade de recursos naturais, e às mudanças ambientais e climáticas, que visivelmente vem ocorrendo mostram que esse quadro é insustentável.

Nos dias atuais, assiste-se a uma crescente conscientização da sociedade da finitude dos recursos naturais, da necessidade de práticas de menor impacto ambiental, e da busca de um modelo de desenvolvimento que se sustente. Apesar disto, ainda não existe uma entedimento amplo da importância desse novo modelo de desenvolvimento e das formas de praticá-lo. Apesar de existirem muitas informações disponíveis, estas não se apresentam de forma bem direcionada e integrada.

Nesse novo modelo de desenvolvimento, a busca pela manutenção e/ou melhoria da qualidade de vida, deve vir acompanhada de soluções de maior eficiência no uso dos recursos naturais, de menor impacto ambiental e de justiça social, pautadas em valores éticos. A sociedade necessita de um caminho que responda a essas questões, ou seja, um novo paradigma definido como desenvolvimento sustentável. A participação e motivação da sociedade e seus diferentes setores, é parte fundamental do processo.

Nosso desenvolvimento está diretamente ligado à atividade de construção de ambientes. E como nossa sociedade se tornou majoritariamente urbana, com tendências de elevado crescimento, constrói-se principalmente ambientes urbanos, ou seja, cidades. KRONKA MÜLFARTH (2003) afirma que as cidades, com suas construções, atividades, serviços e transportes utilizam mais de 50% das fontes mundiais de energia. A construção civil é o

principal agente criador da cidade. Os números dos impactos da indústria da construção civil e de seus produtos variam de acordo com o país. No entanto, pode-se dizer que de maneira geral, eles indicam que o setor consome cerca de 40% dos recursos naturais, 40% da energia e gera 40% dos resíduos referente a toda atividade humana (SJÖSTRÖM, 2000, apud JOHN et al. 2001). Ela é, portanto, responsável pelo consumo de grande parte dos recursos naturais e da energia, e por muitos impactos ambientais. Isto significa que o caminho para o desenvolvimento sustentável passa necessariamente pela sustentabilidade na construção civil, que deve adotar práticas efetivas de sustentabilidade nas suas atividades e cadeia produtiva.

Os impactos gerados pela construção civil estão basicamente relacionados ao consumo de recursos naturais e de energia e à geração de resíduos. Estes ocorrem tanto durante e para a construção quanto no uso de edifícios. A discussão de conceitos de concepção de edifícios com menor consumo de recursos naturais, de energia e menor geração de resíduos, contribui para uma prática de sustentabilidade na medida em que soluções são criadas e que se aumenta o nível de conscientização da sociedade para o problema. Pesquisas sobre esses conceitos e possíveis soluções têm papel fundamental na mudança de paradigma do setor da construção civil. A incorporação de práticas de sustentabilidade no edifício “é uma forma de promover a busca pela igualdade social, valorização dos aspectos culturais, maior eficiência econômica e menor impacto ambiental nas soluções adotadas nas fases de projeto, construção, utilização, reutilização e reciclagem da edificação, visando à distribuição eqüitativa da matéria-prima e garantindo a competitividade do homem e das cidades” (KRONKA MÜLFARTH, 1999).

Nesse contexto, um novo paradigma deve fazer parte do setor da construção civil: o desafio de busca de novas práticas visando contribuir para um modelo de desenvolvimento sustentável. Essas práticas devem abordar todos os níveis do ambiente construído e todo o seu ciclo de vida. Este caminho já começou a ser trilhado nos países industrialmente ricos, e também deve ser feito aqui no Brasil. Afinal, a responsabilidade por uma mudança do quadro atual é de todos.

O presente trabalho propõe caminhos para vencer esse desafio. Para isto este trabalho apresenta a partir de uma revisão bibliográfica uma análise crítica da sustentabilidade em nosso momento histórico, através de uma abordagem sistêmica na qual utilizou-se para

análise os métodos dedutivo e dialético. Apresenta também um conceito de sustentabilidade em empreendimentos da construção civil que tem como premissa a síntese de conhecimentos fundamentais da sustentabilidade e como norteador, a crítica desenvolvida. Por fim apresenta um modelo de política de implantação e gestão da sustentabilidade nos empreendimentos de construção civil, aqui entendido como possibilidade de ação prática do conceito inferido, incluindo dentro deste, uma proposta de ferramenta de apoio a decisões, coerente com o entendimento do mesmo.

2. OBJETIVO

Os objetivos gerais deste trabalho são propor um conceito teórico da sustentabilidade nos empreendimentos de construção civil baseado na síntese dos conhecimentos existentes sobre as características fundamentais da sustentabilidade, e construir um modelo de aplicação deste conceito coerente com as características passíveis de serem testadas. Para tal, o trabalho tem como objetivos específicos :

- discutir a situação atual da sustentabilidade na construção civil através do estudo do panorama atual dos conceitos de sustentabilidade relacionados ao nosso modelo de desenvolvimento econômico;
- discutir o panorama atual dos conceitos de sustentabilidade na construção civil e das práticas de sustentabilidade já adotadas nos empreendimentos de construção civil;
- estudar os métodos gerais que promovam uma síntese de conhecimentos e métodos que permitam uma abordagem holística do assunto;
- desenvolver uma ferramenta de gestão para implantação da sustentabilidade nos empreendimentos de construção civil.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. *Desenvolvimento Sustentável*

O termo sustentabilidade domina grande parte do discurso de diferentes setores da sociedade. Muitas vezes o termo é usado para dar força ao antigo desejo filosófico de uma sociedade mais humana.

Acredita-se que a sustentabilidade é alcançada através de um modelo de desenvolvimento que busca o bem estar com o equilíbrio sociocultural, econômico e ambiental. Este modelo pode ser entendido dentro da coerência de uma revisão histórica.

3.1.1. **Histórico do desenvolvimento sustentável**

Do ponto de vista histórico, vários marcos científicos contribuíram para percepção da insustentabilidade do atual modelo de desenvolvimento (MEBRATU, 1998; GAUZIN-MULLER, 2002; SZABÓ, 2005; UNITED NATIONS, 2008; UNEP, 2008).

Em 1968, o Clube de Roma, reunião de intelectuais que procuravam fazer projeções para o futuro, publica *The limits of growth* (Os limites do crescimento). O estudo contrapõe o crescimento exponencial da população diante da finitude dos recursos do planeta, e conclui que isto provocaria uma crise sem precedentes na história humana. Em 1972, a ONU realiza a *Conference on the Human Environment* (Conferência sobre o meio ambiente humano) em Estocolmo. Na conferência discutiram-se as responsabilidades dos países ricos, com o consumismo exagerado, e dos países pobres, com a explosão demográfica, na situação ambiental. A declaração da conferência trata do direito das gerações futuras e da atual do usufruto criterioso dos recursos naturais para evitar seu esgotamento.

Na década de 80 é publicado o livro *Ecodevelopment* (Ecodesenvolvimento) de Ignac Sachs, no qual se propõe o desenvolvimento baseado em três pilares: eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica.

Em 1983, a ONU cria a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento (WCED) e adota formalmente seu conceito de desenvolvimento sustentável. Essa comissão tinha como objetivo propor estratégias de longo prazo para alcançar um desenvolvimento sustentável por volta do ano 2000. Em 1987, o WCED publica um relatório *Our common future* (Nosso futuro comum) também conhecido como relatório Brundtland. O relatório conclui que o uso excessivo dos recursos naturais é um processo que vai provocar o colapso dos ecossistemas, e propõe que a busca de soluções seja tarefa comum a toda humanidade. A comissão recomenda a convocação de uma conferência sobre esses temas.

Em 1988 o filósofo Andrew Brennan publica o livro *Thinking about Nature*, no qual propõe que o papel da ecologia é mostrar como o homem deve agir nas comunidades urbanas complexas ao invés de procurar explicações para os problemas ambientais. Segundo o filósofo, temos que perceber o nosso interesse como sociedade, e como eles estão amarrados na situação, para então considerar os princípios contidos na equação ambiental.

Em 22 de dezembro de 1989, a ONU aprova em assembléia extraordinária, uma conferência sobre meio ambiente e desenvolvimento, dando início a Agenda 21. Em 1992 é realizada a Cúpula da Terra, segunda conferência ambiental realizada pela ONU, a United Nation Conference on Environment and Development – UNCED. Ela acontece no Rio de Janeiro e fica conhecida como Eco'92 ou Rio'92, reunindo 108 chefes de estados. Na conferência é colocado que “a humanidade se encontra em um momento de definição histórica”. São discutidos planos de ações para preservar os recursos do planeta e maneiras de eliminar o abismo entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento. As nações desenvolvidas defendiam o direito a um ambiente saudável, enquanto que as em desenvolvimento destacavam a necessidade destas se desenvolverem. Como resultado da UNCED, tem-se o documento da Agenda 21, com 2500 recomendações de estratégias de conservação do planeta e metas de exploração sustentável dos recursos naturais que não impeçam o desenvolvimento de nenhum país.

A Agenda 21 estabeleceu a importância de cada país se comprometer, global e localmente, na reflexão sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para um desenvolvimento sustentável. Cada país desenvolveu a sua Agenda 21, que é um plano de ação para ser adotado por governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente. No Brasil as discussões foram coordenadas pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável - CPDS.

Em 1997, diante da consciência do aumento do efeito estufa e do temor de sua consequência, o aquecimento global, foi assinado o tratado ambiental mais ambicioso da história, o Protocolo de Kyoto. O protocolo previa que os 35 países industrializados signatários reduzissem em 5% suas emissões de gases em relação ao nível de 1990 no período de 2008 a 2012.

Em 2007 o Painel de Mudanças Climáticas da ONU, IPCC, ganha o Nobel da Paz, devido aos seus estudos que geraram conhecimento sobre o problema climático e indicaram as bases das medidas necessárias para enfrentar a crise. O prêmio foi dividido com o americano com Al Gore, pelo seu papel na divulgação da ameaça causada pelo aquecimento global. A partir deste momento, a sustentabilidade ganha nova dimensão de percepção e aceitação pela sociedade.

3.1.2. Conceito de desenvolvimento sustentável

O surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável veio da percepção do problema do desenvolvimento da nossa civilização. Esse problema possui escala global. Portanto, apesar da busca de ações locais direcionadas a sustentabilidade, deve-se sempre ter no horizonte a relação com o processo global.

A ONU adota desde 1983 o conceito formal de desenvolvimento sustentável como “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades”. As estratégias de busca do desenvolvimento sustentável devem atuar em três dimensões: ambiental, sócio-cultural e econômico (ELKINGTON, 1994). Segundo o autor, o objetivo do desenvolvimento sustentável é o equilíbrio entre as dimensões ambiental, sócio-cultural e econômica,

sendo definidas como meta, ações “ambientalmente responsáveis, socialmente justas, economicamente viáveis”, definidas como *triple bottom line* (figura 1).

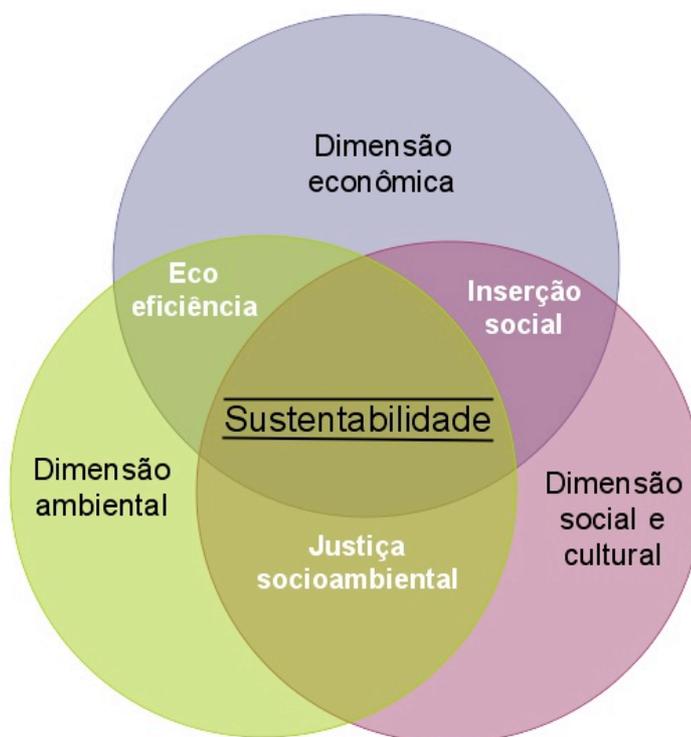


Figura 1 - Dimensões da sustentabilidade (ELKINGTON, 1994).

3.2. Ambiente Construído e Sustentabilidade

Os ambientes construídos transformam a natureza conforme o desejo e o design do homem desde a antiguidade. A cidade de Jericó, no vale do rio Jordão, apresenta edificações de tijolos que datam de 10.000 a.C. A cidade de Çatal Hüyük, na Turquia, construída 7.000 anos atrás, apresenta edificações ligadas por uma rede “urbana” de passarelas. Na Mesopotâmia, no fim do terceiro milênio a.C., noventa por cento da população vivia em cidades (FERNÁNDEZ-ARMESTO, 2004). Hoje, quatro mil anos depois, o mundo se aproxima dessa situação: transformamo-nos em espécies eminentemente urbanas. Apesar de se ter tecnologia para superar os problemas de saúde, higiene e segurança provindos da construção de ambientes, novos problemas decorrentes da remodelação da natureza apareceram.

As conseqüências do consumo exagerado de recursos naturais são obscuras. O aquecimento global, a grande preocupação atual, é uma destas conseqüências, e o desastre que ele pode causar poderia afetar toda a humanidade (UNITED NATIONS, 2008). Não se sabe se será possível evitar os desastres que aconteceram com todas as civilizações construtoras de cidades.

Percebendo a relevância do ambiente construído e de suas atividades frente às questões de um novo modelo de desenvolvimento, a sociedade procurou atuar de forma crítica sobre o mesmo. Recentemente assiste-se a várias ações que buscam trazer o tema sustentabilidade para o ambiente construído, especificamente a construção civil (UNEP, 1999).

3.2.1. Histórico da sustentabilidade no ambiente construído

As ações que procuraram inserir o tema sustentabilidade nos ambientes construídos possuíram inicialmente uma abordagem ambiental (MEBRATU, 1998; GAUZIN-MULLER, 2002; SZABÓ, 2005; UNITED NATIONS, 2008; UNEP, 2008; BRE, 2008; USGBC, 2008).

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

Ainda em 1990, Norman Foster escreveu o artigo *Architecture and Sustainability*. No estudo, o arquiteto propõe uma análise crítica do impacto ambiental das construções, discute o papel da arquitetura e engenharia no processo e conclui que antes de buscar as respostas certas devemos fazer as perguntas certas: “Porque ocupar novas áreas, quando podemos recuperar áreas? Porque demolir edifícios que poderiam ser utilizados para novos usos? Porque utilizar intensa iluminação artificial onde podemos aproveitar a luz do dia? Porque utilizar condicionamento de ar onde nós podemos simplesmente abrir uma janela?”

Em 1991 é publicado o livro *The Gaia Atlas of the Cities: New Direction for Sustainable Urban Living* de Herbert Girardet, abordando principalmente tema de saneamento das

idades em uma busca pela sustentabilidade.

Em 1994, John Tillman Lyle lança o livro *Regenerative Design for a Sustainable Development*, propondo novas formas de uso da energia, da água, da terra e das edificações. O autor discute alternativas de regeneração para práticas de consumo, considerando além da teoria e tecnologia, fatores sociais, políticos e econômicos. Para ele a culpa da situação são as estratégias erradas que foram adotadas pelo progresso. No livro são mostrados exemplos importantes de reaproveitamento de materiais.

Em 1996, é realizada na Turquia a conferência da ONU Habitat II. Nela são discutidos os destinos das cidades e propostas para a sustentabilidade nos assentamentos humanos.

Em 1997, Richard Rogers lança o livro *Cities for Small Planet*, onde estuda formas das cidades do futuro recompor a harmonia entre homem e natureza.

Em 1999 o CIB (Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção) lança a Agenda Setorial para Construção Sustentável (*CIB Agenda 21 for sustainable construction*) em acordo com as metas do relatório Brundtland, Agenda 21 (1992), Habitat II e Protocolo de Kyoto.

Também em 1999, o Conselho Europeu de Arquitetura produz o livro *Green Vitruvius: Principles and Practices of Sustainable Architectural Design*. Nele é retomada e reforçada a importância das construções considerarem as condições climáticas locais. São expostas estratégias de sustentabilidade para construção, e o papel benéfico da relação vegetação e ambiente construído.

Ainda em 1999, o USBCG (*United States Green Building Council*) cria o selo de certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). O programa traz incentivos financeiros e econômicos para o mercado de construções verdes do EUA.

Em 2000, o CIB cria a Agenda Setorial para Construção Sustentável para países em desenvolvimento. É criado um grupo global para cooperação e trocas de pesquisas em construção sustentável. O objetivo da agenda é diminuir a diferença entre países desenvolvidos e em desenvolvimento na melhora do desempenho do ambiente construído.

Em 2001 é finalizado uma obra de referência em construções sustentáveis, o BedZED (*Beddington Zero Energy Development*), na Inglaterra. É um condomínio de 100 casas e escritórios que consome 10% da energia de uma urbanização convencional.

Em 2002, a França lança seu programa de certificação de construções ambientais, o HQE (*Haute Qualité Environnementale*). O Japão também lança seu programa de certificação, o CasBee (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*).

Em 2006, o arquiteto Norman Foster projeta a Cidade Carbono Zero ou Masdar City. O projeto é um complexo de edificações residenciais, comerciais, culturais e de serviço, em uma área de seis milhões de metros quadrados, sendo construída em Abu Dhabi. Sua finalização está prevista para 2009, e está sendo considerada a primeira cidade sustentável do mundo. A Masdar City não vai ter carro, não vai utilizar energia proveniente do petróleo e vai reaproveitar todos resíduos gerados na própria cidade.

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

Ainda em 2007 é criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), cujo objetivo é incentivar conceitos e práticas sustentáveis na construção civil. O CBCS não pretende certificar edificações. Também em 2007 foi lançado o selo Ecológico Falcão Bauer, para produtos e tecnologias sustentáveis.

Em 2008 é lançado o selo brasileiro de certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental), baseado na certificação francesa HQE.

3.2.2. Conceitos e práticas de sustentabilidade no ambiente construído

De acordo com Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção - CIB a construção sustentável deve partir de um “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre os ambientes naturais e construídos e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2002).

A construção sustentável é aquela comprometida com o desenvolvimento sustentável. Seus conceitos e práticas são usualmente relacionados a ações e metas previstas nos meios decisórios do desenvolvimento sustentável, devendo ser uma resposta a estas. As Agendas 21, incluindo a definida pela ONU e as diferentes iniciativas nacionais, regionais, locais e setoriais, são o principal meio decisório destas ações e metas. E estas são normalmente entendidas a partir da integração das dimensões ambientais, sociais e econômicas (*triple bottom line*).

Conceitos e práticas da sustentabilidade no ambiente construído foram relacionados por SILVA (2003) às três dimensões do *triple bottom line* e também a uma dimensão institucional. A dimensão institucional visa fortalecer os esforços para sustentabilidade, dentro e fora de um setor e também está prevista na Agenda 21. A autora mostra as possibilidades de ações da indústria da construção civil em relação aos capítulos da Agenda 21 brasileira e da Agenda 21 para construção civil do CIB. Estas considerações permitem um entendimento geral dos conceitos atuais de sustentabilidade no ambiente construído. Os quadros 1, 2 e 3 ilustram esses conceitos relacionando o modelo de desenvolvimento e construção sustentável previstos nas Agendas 21 pertinentes, com as possibilidades de práticas e ações da construção civil, separados nas três dimensões do *triple bottom line*.

DIMENSÃO AMBIENTAL		
Meta geral	Meta específica	Práticas de sustentabilidade no ambiente construído
Atmosfera	Mudança climática	Evitar gases causadores de efeito estufa (GHC)
	Dano a camada de ozônio	Evitar materiais cujo uso e/ou produção emitam substâncias nocivas a camada de ozônio.
	Qualidade do ar	Evitar poluentes do ar em áreas urbanas.
Solo	Poluição do solo	Evitar poluição do solo.
		Gestão do resíduo de construção.
	Agricultura	Seleção da área: evitar área de potencial agrícola.
	Florestas	Seleção da área: evitar danos aos ecossistemas.
		Usar madeira certificada.
	Desertificação e erosão	Cuidados na preparação do sítio.
		Cuidados para drenagem natural do terreno.
	Urbanização e assentamentos	Seleção da área: direcionar crescimento urbano.
		Seleção da área: priorizar vazios urbanos com infraestrutura.
Evitar densidades de ocupação baixas.		
Oceanos, mares e costa		Evitar poluição
		Ocupar adequadamente áreas litorâneas.
Água doce	Quantidade de água	Conservar e reduzir o consumo de água.
		Manter permeabilidade do solo.
	Qualidade da água	Tratar dos efluentes do ambiente construído.
		Evitar efluentes geradores de eutrofização.
Saneamento		Prever infraestrutura de saneamento básico: evitar poluição
Biodiversidade	Ecossistemas e espécies chaves.	Seleção da área: evitar danos aos ecossistemas.
		Estudar o impacto ambiental.
		Conservar a vegetação.

Quadro 1 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão ambiental (adaptado de SILVA, 2003).

DIMENSÃO SOCIAL		
Meta geral	Meta específica	Práticas de sustentabilidade no ambiente construído
Justiça social	Erradicação da pobreza	Gerar empregos diretos e indiretos com salários adequados.
	Igualdade de gênero.	Reduzir desigualdade de salários e oportunidades para homens e mulheres.
	Relações trabalhistas	Política de remuneração justa.
	Comunidades locais	Uso de mão de obra local.
Educação	Capacitação técnica para sustentabilidade	Programas formais de treinamento.
	Alfabetização	Programas formais de alfabetização e melhoria de educação.
	Conscientização pública	Programas de divulgação.
Saúde	Qualidade do ambiente interno	Eliminar materiais com compostos orgânicos voláteis – COVs.
		Priorizar circulação natural de ar.
		Limpeza e renovação do ar.
	Saúde e segurança do trabalho	Proporcionar infraestrutura e equipamentos adequados.
		Proporcionar condições ergonômicas de trabalho.
		Política de redução de acidentes.
	Condições sanitárias	Acesso a abastecimento de água tratada.
Acesso a infraestrutura de coleta e tratamento de esgoto.		
Destinar apropriadamente o lixo e resíduos sólidos		
Infraestrutura urbana		Seleção da área: priorizar proximidade de parques e áreas de lazer públicas.
		Construir áreas públicas nos edifícios.
	Transporte	Incentivar o uso de transporte coletivo e/ou limpos (exemplo: bicicleta).
		Reduzir o impacto sobre o sistema viário e de transporte existente
	Habitação	Participar de política de redução do <i>deficit</i> habitacional.
		Participar de política de melhoria de habitações precárias, formais e informais.

Quadro 2 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão social (adaptado de SILVA, 2003).

DIMENSÃO ECONÔMICA		
Meta geral	Meta específica	Práticas de sustentabilidade no ambiente construído
Estrutura econômica	Recursos e mecanismos financeiros	Investir em tecnologias mais eficientes e limpas.
		Financiar iniciativas, políticas e programas para aumento de sustentabilidade.
	Desempenho econômico	Aumentar a qualidade do produto e de processos.
		Aumentar o ciclo de vida do ambiente construído.
		Alocar eficientemente os recursos.
	Prever custos ambientais e sociais no valor final.	
Padrões de produção e consumo	Consumo de materiais	Priorizar matérias com produção eficiente (menor desperdício e resíduos)
		Utilizar de modo eficiente os materiais
		Reduzir o desperdício e resíduos da construção.
		Gestão para melhoria da qualidade da construção.
		Aumentar a durabilidade dos materiais.
		Planejar a manutenção da edificação.
	Otimizar o uso do espaço: projeto.	
	Gestão de resíduos	Reutilizar e/ou reciclar componentes.
		Reutilizar e/ou reciclar resíduos de construção.
		Implantar programa de coleta seletiva durante a construção e no uso da edificação.
		Dispor adequadamente o resíduo de construção.
	Uso de energia	Projeto com estratégias de eficiência no consumo de energia.
		Reduzir o uso de energia durante a construção.
		Priorizar materiais com menor energia incorporada
		Utilizar energia renovável.
	Uso da água	Projeto com estratégias de eficiência no consumo de água.
		Utilizar fontes alternativas de abastecimento de água: águas pluviais, reuso de água e outros.
		Programas de conscientização no uso da água
	Transporte	Priorizar materiais locais.
		Priorizar mão de obra e serviços locais
	Divulgação	Instrumento de informação ao consumidor: <i>marketing</i> .

Quadro 3 - Descrição das práticas de sustentabilidade no ambiente construído – Dimensão econômica (adaptado de SILVA, 2003).

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), apresentam algumas práticas para sustentabilidade na construção, sendo as principais (CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - FIEMG, 2008):

- aproveitamento de condições naturais locais;
- utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- implantação e análise do entorno;

- não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- qualidade ambiental interna e externa;
- gestão sustentável da implantação da obra;
- adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- uso de matérias-primas que contribuam com a eco-eficiência do processo;
- redução do consumo energético;
- redução do consumo de água;
- reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

MOTTA e AGUILAR (2008) fizeram uma síntese dos principais conceitos relacionados com a sustentabilidade. Foi observado que a sustentabilidade deve estar presentes em todas as fases do ambiente construído, sendo estas:

- idealização;
- concepção;
- projeto;
- construção;
- uso;
- manutenção;
- final de vida útil.

De acordo com os autores, as principais práticas adotadas são:

- planejamento correto, considerando desde a implantação do edifício no local, com as dimensões sociais, culturais e de impacto ambiental, até a técnica e métodos construtivos que permitam uma melhor qualidade e maior eficiência construtiva;
- conforto ambiental e eficiência energética, promovendo uso do edifício com conforto térmico, visual, acústico e salubridade, com baixo consumo de energia, usando preferencialmente as possibilidades de condicionamento passivo nos ambientes;
- eficiência no consumo de água, considerando baixo consumo, aproveitamento de águas de chuvas, reutilização, recuperação e minimização da geração de resíduos;
- eficiência construtiva, com materiais, técnicas e gestão que permitam um

desempenho ótimo da edificação com durabilidade, e que possuam, quando analisados em toda cadeia produtiva, práticas sustentáveis de extração, produção e reciclagem;

- eficiência em final da vida útil da construção, adotando atitudes de reciclagem, aproveitamento dos resíduos da demolição e de desconstrução, que é um processo de desmanche cuidadoso do edifício de modo a preservar seus componentes para reuso e reciclagem.

3.3. Atribuição de Valores de Sustentabilidade ao Ambiente Construído.

Os valores da sustentabilidade estão usualmente associados as suas três dimensões. Através das respostas a essas dimensões pode-se atribuir ao ambiente construído valores que buscam dar um significado ao mesmo.

3.3.1. Dimensão Ambiental

Na dimensão ambiental a sustentabilidade busca um “equilíbrio entre proteção do ambiente físico e seus recursos, e o uso destes recursos de forma a permitir que o planeta continue a suportar uma qualidade de vida aceitável” (CIB, 2002). Portanto, o valor ambiental do ambiente construído está relacionado com seu impacto ao meio ambiente. Atualmente pode-se dar um significado objetivo aos impactos e conseqüentemente ao valor ambiental, através da avaliação e mensuração desse impacto. O principal método de avaliação é a análise do ciclo de vida ou ACV.

3.3.1.1. Análise do ciclo de vida.

A análise do ciclo de vida ou ACV é definida como a avaliação e comparação dos impactos ambientais causados por diferentes sistemas que apresentam funções similares em todo ciclo de vida do mesmo. Para isso ela realiza inventários do fluxo de matéria e energia para cada sistema de modo a comparar estes entre si, representados sob a forma de impactos ambientais. A ACV é normalizada pela série ISO 14000.

As etapas básicas de um ACV são: definição do problema; inventário ou balanço de massa-energia; e avaliação de impactos ambientais.

Na primeira etapa tem-se:

- a definição do objetivo do estudo;
- a delimitação das fronteiras do sistema;
- a definição da base referencial ou unidade funcional.

Em uma ACV de um ambiente construído, a unidade funcional pode ser definida como toda a construção, um edifício, um componente ou mesmo um material. Esta definição tem grande repercussão nos resultados e, uma vez que a ACV deve buscar uma análise o mais ampla possível, é recomendável que a unidade funcional também seja a mais ampla possível. Na segunda etapa (inventário ou balanço de massa-energia) é feita a descrição do fluxo de entrada e saída de matéria e energia. Estes fluxos devem ser balanceados considerando-se os impactos ambientais a serem avaliados. Deste modo é feita a mensuração quantitativa do impacto do sistema (fatores de impacto). Na terceira etapa que consiste na avaliação de impactos ambientais, é relacionado os fatores de impacto a uma categoria ou a um critério de avaliação definido por um modelo. Essas categorias estão associadas a impactos locais, como toxicidade e ecotoxicidade; impactos regionais, como chuvas ácidas e desertificação; e impactos globais, como efeito estufa e redução da camada de ozônio.

Existem três grandes tendências de modelos de avaliação dos impactos ambientais. As diferenças entre estas tendências estão na consideração ou não de especificidades locais e das conseqüências dos impactos, nas categorias ambientais. Quando as categorias não consideram as conseqüências ambientais estas são classificadas de *midpoint* ou ponto médio, e quando consideram são classificadas de *endpoint* ou ponto final. O quadro 4 apresenta algumas categorias classificadas como ponto médio ou ponto final.

CATEGORIAS DE IMPACTO AMBIENTAL	
Ponto Médio	Ponto Final
Mudança climática	Qualidade do ecossistema
Acidificação	Saúde humana
Eutrofização	Uso de Recursos
Destruição da camada de ozônio	
Ecotoxicidade	
Uso do Solo	

Quadro 4 - Categorias de impacto ambiental: ponto médio e ponto final (adaptado de UGAYA,2008)

Na Europa, as propostas de modelos de avaliação geralmente consideram as especificidades geográficas nas definições da categoria de impacto. Entre eles podemos citar: CML ou *Centrum voor Milieukunde*, *Center for Environmental Science* (DREYER et al., 2003); EDIP ou *Environmental Design of Industrial Products* (HAUSCHILD; WENZEL; ALTIN, 1997); EPS ou *Environmental Priority Strategies* (STEEN, 1999); *Eco-Indicator 99*; e *Impact 2002+* (JOLLIET et al., 2003).

Nos Estados Unidos a Agência de Proteção Ambiental ou EPA coordenou o desenvolvimento de um método denominado TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Environmental Impacts*) (BARE et al., 2003). O TRACI considera principalmente as categorias de pontos médios.

No Japão, o método desenvolvido considera na avaliação principalmente as categorias de ponto final. Este método é denominado de LIME ou *Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling* (ITSUBO, 2003).

Finalizando a avaliação, mensura-se um indicador único, ponderando-se os impactos a partir da importância relativa (pesos) das categorias ambientais, e utilizando uma base comparativa. Existem estudos de várias entidades sobre a importância relativa dos impactos nas categorias e estes apresentam resultados diversos.

3.3.1.2. Ferramentas de ACV.

Para avaliação prática do impacto ambiental de um produto ou serviço, através de uma ACV, foram desenvolvidas ferramentas computacionais de simulação. Existem ferramentas para ACV de materiais e ferramentas específicas para ACV em edificações.

Entre as principais ferramentas de ACV de materiais com utilidade para edificações, pode-se citar o SimaPro, o GABI e o UMBERTO. Já entre as ferramentas específicas para edificações, estão o BEES (*Building for Environmental and Economic Sustainability*) e as do *Athena Institute*.

O SimaPro foi desenvolvido na Holanda, baseado na ISO 14000 (PRE, 2004). Ele é composto de uma série de softwares que, através de um banco de dados atualizável, avalia o impacto ambiental de um material. O SimaPro é a ferramenta computacional de ACV para materiais mais utilizada no mundo, incluindo indústrias, universidades e instituições de pesquisa (PRE, 2004). O GABI foi desenvolvido na Alemanha pelos institutos PE Europe junto com a universidade de Stuttgart. UMBERTO também foi desenvolvido na Alemanha, pelo Instituto de Informática Ambiental Hamburgo. Ambos podem ser utilizados em vários setores para ACV de materiais, assim como o SimaPro.

O BEES foi desenvolvido pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) dos Estados Unidos, como parte do programa *Environmentally Preferable Purchasing* da Agência de Proteção Ambiental EPA, que visa priorizar as compras de produtos com melhor desempenho ambiental (LIPPIATT, 2007). O diferencial da ferramenta é que ela permite uma associação do desempenho ambiental com o desempenho econômico do produto. O desempenho ambiental é avaliado tendo como base a norma ISO 14040. Os estágios do ciclo de vida analisados são: aquisição, manufatura, transporte, construção, uso, manutenção, reciclagem e gestão de resíduos. O desempenho econômico é avaliado através do método de custo de ciclo de vida (*Life Cycle Cost* ou LCC) da ASTM. A avaliação engloba os custos do investimento, da execução, da operação, da manutenção e do descarte. Os desempenhos ambiental e econômico são ponderados para uma avaliação única através do método de análise de decisão *Multi-Attribute* da própria ASTM.

O *Athena Institute*, situado no Canadá, é uma organização não governamental que busca auxiliar arquitetos e engenheiros na avaliação do impacto ambiental dos produtos e edifícios, novos e existentes, através do método de ACV. Ele desenvolveu as ferramentas computacionais *Athena Impact Estimator for buildings* e *Athena EcoCalculator for Assemblies*. O *Impact Estimator* simula uma ACV de um edifício com até 1200 variáveis e possui modelos de edificações compatíveis com cerca de 95% das tipologias norte americanas, incluindo edifícios industriais, institucionais, comerciais e residenciais. O

EcoCalculator realiza simulações de ACV de matérias e componentes construtivos, mostrando resultados imediatos.

3.3.2. Dimensão Social

Na dimensão social se busca o “desenvolvimento de sociedades justas, que proporcionem oportunidades de desenvolvimento humano e um nível aceitável de qualidade de vida” (CIB, 2002).

O valor social da sustentabilidade deve ser mais importante em países em desenvolvimento que buscam aumentar a qualidade de vida de sua população, do que em países desenvolvidos, que já alcançaram o bem estar social. Segundo SILVA (2003), os indicadores do desempenho social devem retratar as consequências da atividade econômica da empresa e/ou empreendimento. Este valor deve considerar o impacto global sobre toda sociedade, incluindo os empregados, empreiteiros e subcontratados, fornecedores, clientes e comunidade. A autora separa este desempenho social em dois temas: impactos sobre o público interno; impacto sobre a sociedade.

No entanto ainda não existe um conceito formal e único do valor social (ARAÚJO, 2006). Algumas propostas indicam o valor social de uma empresa ou empreendimento como aqueles que através programas consistentes, geram e disseminam conhecimento e promovem o crescimento tanto da organização quanto de todos os públicos que exercem influência ou são influenciados pela empresa (BUENO et al., 2002). Esses valores devem prever práticas para atendimento da comunidade, incluindo e indo além dos obrigatórios por lei. Deste modo é importante a incorporação em uma empresa e empreendimento de valores sociais na missão, na cultura e na mentalidade dos dirigentes e colaboradores, visando o bem estar da população, pois o próprio sucesso desses depende da sociedade a qual pertencem (FELIX 2003).

Para dar um significado objetivo ao desempenho e valor social das empresas, algumas entidades buscam indicadores específicos. No Brasil, podemos destacar o indicador de Responsabilidade Social Empresarial do Instituto ETHOS. No entendimento do instituto, a responsabilidade social é um valor que indica “o comprometimento permanente dos empresários de adotar um comportamento ético e contribuir para o desenvolvimento

econômico, melhorando simultaneamente a qualidade de vida de seus empregados e de suas famílias, da comunidade local e da sociedade como um todo” (CUSTODIO e MOYA, 2007). O índice ETHOS busca auxiliar as empresas no aprofundamento da responsabilidade social e comprometimento com o desenvolvimento sustentável. Desenvolvido desde 1999, existem ferramentas e índices específicos para vários setores da economia. O setor da construção civil possui um índice ETHOS desde 2005.

3.3.3. Dimensão Econômica

Na dimensão econômica a sustentabilidade busca um “sistema econômico que facilite o acesso a recursos e oportunidades e o aumento de prosperidade para todos, dentro dos limites do que é ecologicamente possível e sem ferir os direitos humanos básicos” (CIB/UNEP-IETC, 2002). Assim, ela reconhece a necessidade do consumo para o alcance do bem estar e da prosperidade, considera a lógica de produção de bens de consumo, incorporando o uso eficiente dos recursos. O valor econômico pode então ser associado a uma melhoria nas práticas de produção, que busquem produtividade, menor consumo de recurso, durabilidade, viabilidade, competitividade econômica e empresarial, que leve a um crescimento sustentável do padrão real de vida da população, com aceitável justiça distributiva (LANDAU, 1992). O principal conceito que influencia estas questões é a qualidade (DEMING, 1990; COLTRO, 1996).

3.3.3.1. Qualidade

O conceito abrangente de qualidade é definido como Qualidade Total. Ela aborda a satisfação do cliente interno e externo de um produto, dando ênfase às necessidades destes, da empresa e da sociedade. Além disto, conta com o envolvimento e compromisso de toda a cadeia produtiva: funcionários, diretoria, fornecedores. Ela é orientada para o cliente e busca uma melhoria contínua do produto e processo. Esta melhoria é essencialmente uma busca para melhorar uma situação existente, usualmente associada a um processo inovativo incremental (LEMOS, 1999; CETLIN, 2008)

Dentro da Qualidade Total, se insere outro conceito: a qualidade do produto (figura 2).

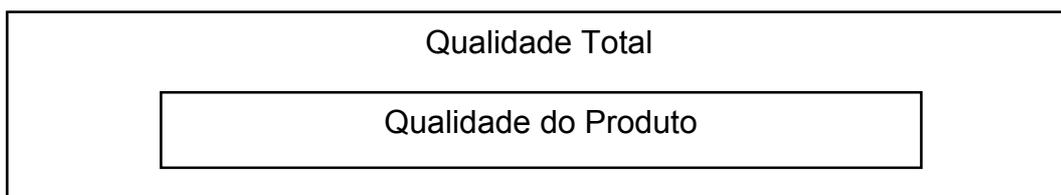


Figura 2 - Qualidade Total e Qualidade do produto.

O conceito de qualidade do produto foi desenvolvido a partir dos campos administrativos e de controle de produção. Nos anos 50 e 60, foram formulados os principais conceitos de qualidade de um produto, sendo (FABRÍCIO, 2004):

- qualidade do produto como máxima utilidade para o consumidor (DEMING, 1990);
- qualidade como o perfeito contentamento do usuário (FEIGENBAUM, 1951);
- qualidade como satisfação das necessidades do cliente (JURAN, 1991);
- qualidade efetiva é a que realmente traz satisfação ao consumidor (ISHIKAWA, 1993).

A busca da qualidade de um produto acontece a partir de cinco enfoques (TOLEDO, 1993; PICCHI, 1993; GARVIN, 1994 apud FABRÍCIO, 2004), sendo estes apresentados abaixo.

- Enfoque transcendental: a qualidade é subjetiva e abstrata e dificilmente pode ser atingida com precisão. A qualidade é constatada na prática pela experiência.
- Enfoque no produto: qualidade é objetiva, uma variável passível de medição. Quantidade de características positivas do produto indica sua qualidade. O maior custo pode estar relacionado à qualidade devido a maiores características ótimas do produto.
- Enfoque baseado no usuário: qualidade está na percepção do usuário do produto. Quanto maior atendimento aos desejos e necessidades do usuário, maior a qualidade do produto. Apresenta problemas práticos, pois existe grande variedade de preferências dos vários usuários, e de distinguir melhoria de satisfação com qualidade, tornando-se subjetivo.
- Enfoque baseado na fabricação: a qualidade é associada às técnicas de engenharia e fabricação. A qualidade é definida como conformidade com as especificações. Qualquer desvio do projeto definido diminui a qualidade. A qualidade leva a custos menores por prevenir defeitos e diminuir o retrabalho.

- Enfoque baseado no valor: a qualidade é relativizada ao custo do produto. Produto com maior qualidade é aquele com melhor desempenho com preço e custo competitivo. Apresenta dificuldade de relacionar termo de excelência, ou seja, qualidade, com medidas de mérito, ou seja, custo.

Para realização de um produto são utilizados sistemas de gestão. Os sistemas de gestão baseados em conceitos de qualidade são chamados de sistemas de gestão pela qualidade.

Na gestão pela qualidade, o produto é entendido como resultado de um processo que utiliza um conjunto de dados de entrada e que, ao final, deve garantir como dados de saída um grupo de soluções que respondem às necessidades dos clientes internos e externos do mesmo. As necessidades dos clientes são traduzidas em parâmetros que serão parte integrante dos dados de entrada. A realização do produto também é entendida como uma série de processos internos. As etapas de definição de dados de entrada, realização do produto e o produto, devem ser analisados criticamente, aprimorando as definições do processo (MELHADO, 1999). Segundo o autor, o produto final deve ser verificado em relação aos parâmetros definidos e validados junto aos clientes (figura 3).

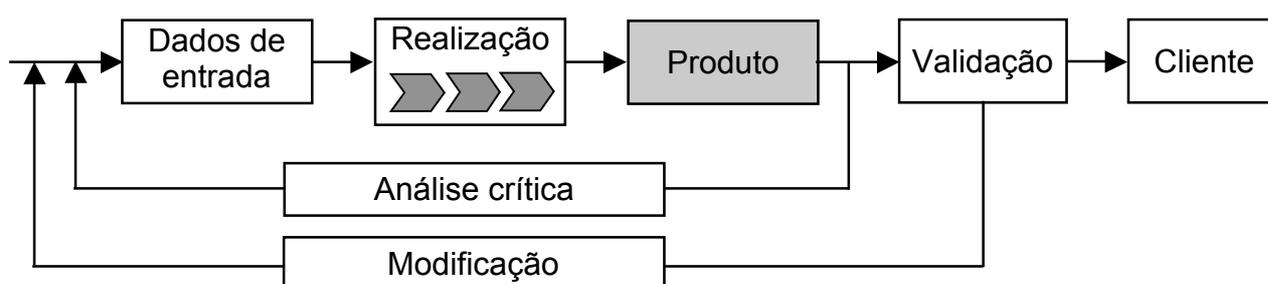


Figura 3 - Representação de um processo de produção (adaptado de MELHADO, 1999).

As incorporações de valores de qualidade e de gestão para qualidade nos empreendimentos de construção civil ocorrem, principalmente, a partir de exigências de mercado e/ou regulamentações (ANDERY, 2008). Na gestão do empreendimento, a qualidade é vista como requisito de desempenho a ser alcançado através de ações sistemáticas. As normas da série ISO 9000 e o programa PBQP-H são referências para sistematizar ações de gestão pela qualidade. De modo geral, os empreendimentos

adotam como requisitos de desempenho as normas técnicas. A norma técnica NBR-15.575 resume os requisitos de desempenho de edifícios habitacionais até 5 pavimentos, incluindo o tema sustentabilidade, dentro do conceito entendido pela mesma (ABNT, 2008). Desde modo, pode-se entender que os requisitos dessa norma estão relacionados com a qualidade de edifícios habitacionais de cinco pavimentos. Na NBR-15.575 a sustentabilidade é vista como mais um requisito de desempenho a ser considerado na qualidade do edifício (quadro 5).

Qualidade de um empreendimento	
Requisitos de desempenho	Segurança estrutural
	Segurança ao fogo
	Segurança interno-externa
	Estanqueidade
	Conforto higrotérmico
	Conforto acústico
	Conforto tátil
	Adaptação à utilização
	Durabilidade
	Manutenabilidade
	Sustentabilidade.

Quadro 5 - Requisitos de desempenho para qualidade de um empreendimento (Adaptado de FABRICIO, 2002).

Nesta visão da qualidade, a sustentabilidade é requisito de desempenho de um empreendimento. Com isso, a inserção dessa nos empreendimentos acontece dentro da atribuição de valor de qualidade do produto (figura 4).

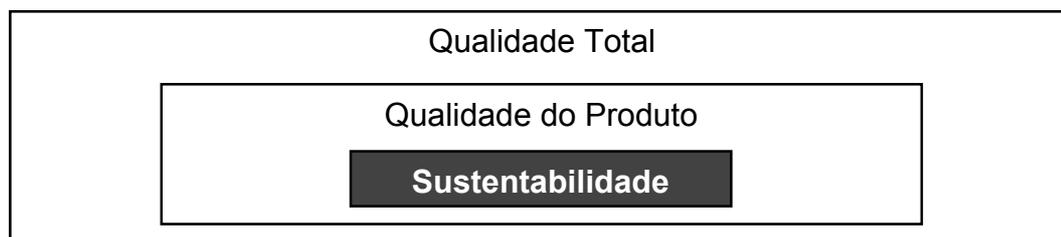


Figura 4 - Sustentabilidade inserida dentro da qualidade do produto.

Nos sistemas de gestão pela qualidade são usadas ferramentas e conceitos para otimizar os processos de produção. Dentre essas ferramentas destacam-se os sistemas de informação formais. Esses sistemas incluem procedimentos pré-definidos, com dados de entradas e de saídas padronizados e, também, definições fixas e melhoram as interações dos diversos requisitos do empreendimento (SOUZA e MELHADO, 2008).

Uma outra ferramenta de gestão pela qualidade surgiu a partir dos conceito de engenharia simultânea. Esses contribui para um melhor resultado do projeto, de modo a considerar as interações entre os requisitos do mesmo. Uma proposta de adoção de métodos e ferramentas de engenharia simultânea em processos de projetos de edificação, definido como projeto simultâneo, foi feita por FABRÍCIO e MELHADO (1998). Segundo os autores o projeto simultâneo deve dar ênfase à gestão do processo de projeto, e deve buscar a cooperação e paralelismo entre os diversos agentes atuantes nos requisitos do projeto. Além disso, o projeto simultâneo é um modelo de gestão que busca a convergência dos interesses dos diversos agentes participantes do ciclo de vida do empreendimento, considerando precoce e globalmente as repercussões das decisões de projeto na eficiência dos sistemas de produção e na qualidade dos produtos gerados.

No caso do projeto simultâneo, devem-se buscar ferramentas de execução de projetos que facilitem a execução coordenada e paralela dos mesmos. Ambientes colaborativos e conceitos de processos de projeto através de um modelo de informação para a construção, conhecido pela sigla BIM (*Building Information Modeling*), se apresentam como soluções adequadas para este cenário.

Os ambientes colaborativos permitem que diferentes agentes do processo de projeto participem, colaborem e cooperem, buscando um resultado que represente o objetivo comum do projeto (BOLLMANN et al., 2005). Para a criação do ambiente colaborativo estão sendo desenvolvidos sistemas computacionais que permitem que os agentes envolvidos no processo trabalhem em conjunto, mesmo estando em localidades diversas. Os sistemas computacionais colaborativos apoiados na internet e voltados para a gestão do processo de projeto são denominados de extranet de projetos (COELHO e NOVAES, 2008). Os ambientes colaborativos permitem o compartilhamento das habilidades dos agentes do processo, facilitando o encontro do melhor resultado para atendimento dos requisitos do empreendimento.

A tecnologia BIM é baseada em ferramentas que permitem a modelagem do edifício em três dimensões físicas aliadas a outras dimensões ou informações relativas ao edifício como custo e prazos. Para a modelagem da edificação, ele utiliza softwares que possuem modelos paramétricos dos elementos construtivos do edifício. Esses modelos paramétricos são representações geométricas tridimensionais dos elementos aliadas á

informações de diferentes atributos, como dimensões, processos construtivos e custos. Estes atributos podem ser definidos como fixos ou modificáveis, e serem relacionados e condicionados a outros elementos da edificação. Ao se relacionar os elementos construtivos, o conflito entre os mesmo é minimizado. Os agentes do processo de projeto podem alterar os elementos paramétricos visualizando o resultado da intervenção no projeto como um todo. Isto permite uma melhor visualização dos conflitos e uma busca mais ágil para a solução pretendida. Cabe ressaltar ainda a possibilidade de inserir no processo BIM, simulações de desempenho e eficiência energética da edificação projetada, medida esta que permite o entendimento dos impactos ambientais, do conforto humano e do custo econômico do mesmo. Estas considerações podem interagir no processo de projeto.

3.4. Sistemas de Classificação e Indicadores de Sustentabilidade no Ambiente Construído.

Os valores considerados na sustentabilidade do ambiente construído podem ser relacionados a um indicador ou parâmetro para melhor percepção e avaliação do mesmo. Esses indicadores são geralmente estruturados em sistemas de classificação que permitem diferenciar e reconhecer os edifícios e ambientes construídos que adotaram práticas e princípios de sustentabilidade (GOULART, 2005). Segundo SILVA (2003), os sistemas de classificação são métodos muito eficientes de se aumentar o desempenho do ambiente construído.

Pode-se dizer que os sistemas de classificação que buscam considerar a sustentabilidade na sua avaliação têm origem nos sistemas de avaliação ambiental da que surgiram na década de 90, na Europa, nos Estados Unidos e no Canadá, como parte das estratégias para o cumprimento de metas ambientais locais estabelecidas na conferência UNCED de 1992, no Rio de Janeiro. Atualmente vários países possuem estes sistemas de classificação, sendo que os mais destacados são: o BREEAM (*BRE Environmental Assessment Method*) do Reino Unido, com maior número de certificações no mundo; e o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) dos Estados Unidos, com maior penetração internacional. Para o Brasil, também é importante destacar o sistema HQE

(*Haute Qualité Environnementale*) da França, que serviu de base para uma das certificações utilizadas no país.

3.4.1. BREAM

O BREEAM (*Building Establishment Environmental Assessment Method*) foi o primeiro sistema de classificação ambiental das edificações. Ele foi desenvolvido no Reino Unido para uso no mesmo, por pesquisadores do Building Research Establishment - BRE e do setor privado. O programa é atualizado no período de no mínimo três e no máximo cinco anos, sendo a última atualização em 2008. Nesta, o BRE intensificou os esforços de expansão internacional do BREEAM, visando o uso de seu método de avaliação por outros países que se interessem na metodologia (BRE, 2008). De acordo com o BRE existiam em 2008 mais de 700.000 projetos do Reino Unido registrados no BREEAM, sendo que destes mais de 115.000 edificações já haviam obtido a certificação.

O BREEAM é dividido por categorias de tipo da edificação e de fase em que se encontra o empreendimento. Os tipos de edificação englobados pela ferramenta são:

- escritórios (BREEAM *Offices*);
- residências (BREEAM *EcoHomes*);
- multifamiliares (BREEAM *Multi-Residential*);
- indústrias (BREEAM *Industrial*);
- edifícios de ensino (BREEAM *Education*);
- edifícios de saúde (BREEAM *Healthcare*);
- edifício da justiça (BREEAM *Courts*);
- penitenciárias (BREEAM *Prisons*);
- edifícios para locação: lojas, *shopping*, etc. (BREEAM *Retail*);
- outros: lazer, laboratórios, bases militares, hotéis, etc (BREEAM *Bespoke*).

As fases da edificação consideradas são:

- projeto;
- operação e uso;
- manutenção.

Seu método de avaliação é baseado em análise documental e na verificação de itens mínimos de desempenho, projeto e operação dos edifícios. A performance dos edifícios é avaliada em diferentes categorias.

- **Energia** (*energy use*): consumo de energia e a emissão de CO₂ na operação e uso.
- **Transporte** (*transport*): impacto da localização no transporte relacionado à emissão de CO₂.
- **Poluição** (*pollution*): geração de poluição do ar e da água.
- **Materiais** (*materials*): impacto ambiental dos materiais de construção em todo ciclo de vida.
- **Água** (*water*): consumo eficiente da água.
- **Uso do solo e Ecologia** (*land use and ecology*): impactos em áreas verdes, descontaminação do solo e conservação de ecossistemas.
- **Saúde e Bem estar** (*health and well-being*): qualidade ambiental interna e externa relacionadas à saúde e bem estar dos usuários.
- **Gestão** (*management*): política de gestão global e o comissionamento da gestão e das atividades.

A importância de cada categoria é definida por uma ponderação do impacto ambiental das mesmas. Esta ponderação é definida pelo BRE e passa por revisões periódicas, sendo a mais recente em 2008. A figura 5 mostra o fluxograma deste processo.

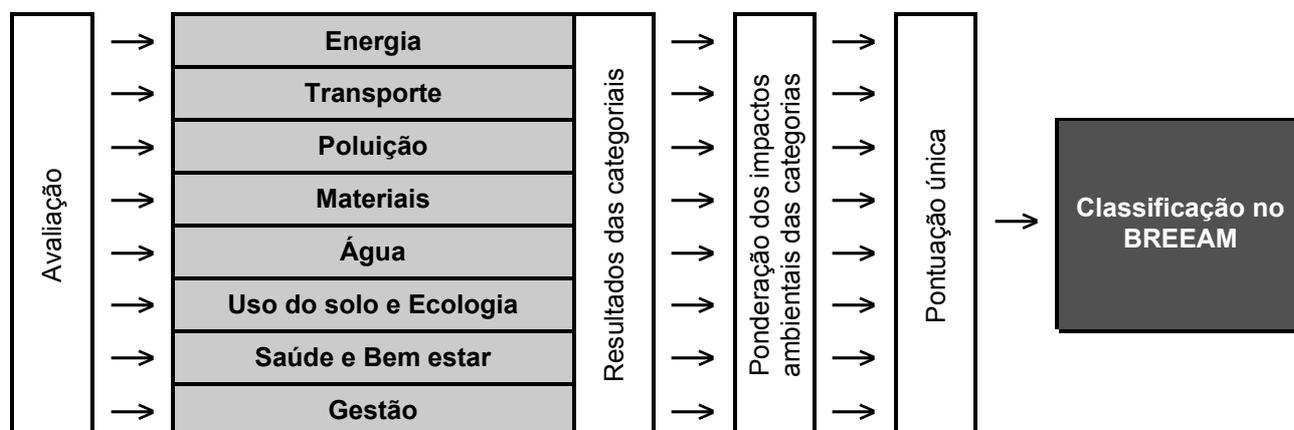


Figura 5 - Processo de avaliação, ponderação e classificação do BREEAM (BRE, 2007)

Na avaliação é verificada a existência das características previstas pelo sistema através de um *checklist*. A edificação recebe pontos proporcionais ao atendimento destas exigências. A tabela 1 apresenta o *checklist* e pontuação referente ao BREEAM EcoHomes.

Tabela 1 - Pontuação e *checklist* do BREEAM-EcoHomes.

Categoria	Crédito	Descrição	Pontos	
Energia	Ene 1 Taxa de emissão de CO ₂	Menor ou igual a 40 kg/m ² /yr.	0.92	
		Menor ou igual a 35 kg/m ² /yr.	1.83	
		Menor ou igual a 32 kg/m ² /yr.	2.75	
		Menor ou igual a 30 kg/m ² /yr.	3.67	
		Menor ou igual a 28 kg/m ² /yr.	4.58	
		Menor ou igual a 26 kg/m ² /yr.	5.50	
		Menor ou igual a 24 kg/m ² /yr.	6.42	
		Menor ou igual a 22 kg/m ² /yr.	7.33	
		Menor ou igual a 20 kg/m ² /yr.	8.25	
		Menor ou igual a 18 kg/m ² /yr.	9.17	
		Menor ou igual a 15 kg/m ² /yr.	10.08	
		Menor ou igual a 10 kg/m ² /yr.	11.00	
		Menor ou igual a 5 kg/m ² /yr.	11.92	
		Menor ou igual a 0 kg/m ² /yr.	12.83	
	Menor ou igual a -10 kg/m ² /yr.	13.75		
	Máxima pontuação no Ene 1			13.75
	Ene 2 Performance da envoltória	Edificações novas		
		Menor ou igual a 1,3 W/m ² K de perda térmica.		0.92
		Menor ou igual a 1,1 W/m ² K de perda térmica.		1.83
		Reformas		
		Menor ou igual a 2,2 W/m ² K de perda térmica.		0.92
	Menor ou igual a 1,75 W/m ² K de perda térmica.		1.83	
	Máxima pontuação no Ene 2			1,83
	Ene 3	Previsão de <i>drying space</i> .		0.92
	Máxima pontuação no Ene 3			0.92
	Ene 4	Todos os refrigeradores e freezers nível A ⁺ .		0.92
		Todas as máquinas de lavar roupa e louça nível A ⁺ .		0.92
		Orientação para compra de eletrodomésticos A ⁺ .		0.92
	Máxima pontuação no Ene 4			0.92
	Ene 5	40% da iluminação interna por lâmpadas eficientes.		0.92
		75% da iluminação interna por lâmpadas eficientes.		1.83
	Máxima pontuação no Ene 5			1.83
Ene 6	Iluminação externa: somente lâmpada fluorescente.		0.92	
	Luz de segurança: máximo 150 W e sensor.		0.92	
Máxima pontuação no Ene 6			1.83	
Máxima pontuação na categoria Energia			20.00	

Transporte	Tra 1 Transporte público	Áreas urbanas e suburbanas	
		Até 1000 metros de transporte público (hora em hora)	1.00
		Até 500 metros transporte público de hora em hora.	2.00
		Áreas rurais	
		Até 1000 metros de transporte público (hora em hora)	1.00
		Até 500 metros transporte público de hora em hora.	2.00
		Serviço de transporte do empreendimento.	2.00
	Máxima pontuação no Tra 1		2.00
	Tra 2	Bicicletário para 50% dos usuários.	1.00
		Bicicletário para 95% dos usuários.	2.00
	Máxima pontuação no Tra 2		2.00
	Tra 3	Até 500 metros de lojas de alimentos.	1.00
		Até 1000 metros de outras cinco amenidades.	1.00
		Vias de pedestres no local.	1.00
Máxima pontuação no Tra 3		3.00	
Tra 4	Espaço e estrutura para trabalho na residência.	1.00	
Máxima pontuação no Tra 4		1.00	
Máxima pontuação na categoria Transporte		8.00	
Poluição	Pol 1	Isolamentos: fabr. prevenção gás efeito estufa e O ₃ .	0.91
	Máxima pontuação no Pol 1		0.91
	Pol 2 Emissão NO _x	Menor ou igual a 100 NO _x mg/kWh.	0.91
		Menor ou igual a 70 NO _x mg/kWh.	1.82
		Menor ou igual a 40 NO _x mg/kWh.	2.73
	Máxima pontuação no Pol 2		2.73
	Pol 3	Retenção da água de chuva: pátios.	0.91
		Retenção da água de chuva: telhados.	0.91
	Máxima pontuação no Pol 3		1.82
	Pol 4	Uso de fonte de energia renovável e/ou de baixa emissão.	0.91
		10% demanda: energia renovável e/ou de baixa emissão.	0.91
		15% demanda: energia renovável e/ou de baixa emissão.	1.82
	Máxima pontuação no Pol 4		2.73
Pol 5	Local de baixa probabilidade de inundação.	1.82	
	Local de média probabilidade + proj. prev. inundação.	0.91	
Máxima pontuação no Pol 5		1.82	
Máxima pontuação na categoria Poluição		10.00	

Materiais	Mat 1	Telhado.	Max 1.35
		Paredes externas.	Max 1.35
		Paredes internas.	Max 1.35
		Pisos.	Max 1.35
		Janelas.	Max 0.90
		Revestimentos externos.	Max 0.45
		Muros e cercas divisórias	Max 0.45
	Máxima pontuação no Mat 1		7.23
	Mat 2	Estrutura (<i>frame</i>)	de 0.90 até 2.71
		Lajes.	
		Contra piso.	
		Telhado	
		Paredes externas.	
		Paredes internas.	
		Fundação e supraestrutura.	
	Estrutura de escadas e circulações verticais.		
	Máxima pontuação no Mat 2		2.71
	Mat 3	Escadas.	de 0.90 até 1.35
		Janelas.	
		Portas internas e externas.	
		Rodapés.	
		Arremates.	
		Móveis.	
Painéis.			
Outros.			
Máxima pontuação no Mat 3		1.35	
Mat 4	Local para coleta seletiva interna do empreendimento	0.90	
	Local para coleta seletiva externa (comunidade).	0.90	
	Local para coleta seletiva interna e externa.	2.71	
Máxima pontuação no Mat 4		2.71	
Máxima pontuação na categoria Materiais			14.00
Água	Wat 1 Consumo interno de água potável	Menor que 52 m ³ por leito por ano.	1.67
		Menor ou igual a 47 m ³ por leito por ano.	3.33
		Menor ou igual a 42 m ³ por leito por ano.	5.00
		Menor ou igual a 37 m ³ por leito por ano.	6.66
		Menor ou igual a 32 m ³ por leito por ano.	8.33
	Máxima pontuação no Wat 1		8.33
	Wat 2	Coleta de água de chuva para uso no paisagismo	1.67
Máxima pontuação no Wat 2		1.67	
Máxima pontuação na categoria Água			10.00

Uso do solo e Ecologia	<i>Eco 1</i>	Terreno com baixo valor ecológico.	1.33	
	Máxima pontuação no <i>Eco 1</i>		1.33	
	<i>Eco 2</i>	Projeto de melhoria da ecologia do terreno.	1.33	
	Máxima pontuação no <i>Eco 2</i>		1.33	
	<i>Eco 3</i>	Proteção do ecossistema existente no terreno.	1.33	
	Máxima pontuação no <i>Eco 3</i>		1.33	
	<i>Eco 4</i>	Retirada entre 9 a 3 espécies do terreno.		1.33
		Retirada de menos de 3 até plantio de 3 espécies.		2.67
		Plantio entre 3 e 9 espécies.		4.00
		Plantio de mais de 9 espécies.		5.33
	Máxima pontuação no <i>Eco 4</i>		5.33	
	<i>Eco 5</i>	Pegada ecológica: casa >2.5:1; apartamento >3.5:1		1.33
Pegada ecológica: todas moradias >3.5:1		2.67		
Máxima pontuação no <i>Eco 5</i>		2.67		
Máxima pontuação na categoria Uso do solo e Ecologia.			12.00	
Saúde e Bem estar	<i>Hea 1</i>	Luz natural (norma BS 8206:pt2) na cozinha.	1.75	
		Luz natural (norma BS 8206:pt2) nos quartos e salas.	1.75	
		Vista do céu (norma BS 8206:pt2) nos quartos.	1.75	
	Máxima pontuação no <i>Hea 1</i>		5.25	
	<i>Hea 2</i>	Desempenho conforme norma acústica para edificações da Inglaterra e País de Gales (2003).	de 1.75 até 7.00	
	Máxima pontuação no <i>Hea 2</i>		7.00	
	<i>Hea 3</i>	Previsão de espaço privado e semi privado.	1.75	
	Máxima pontuação no <i>Hea 3</i>		1.75	
Máxima pontuação na categoria Saúde e Bem estar.			14.00	
Gestão	<i>Man 1</i>	Manual com a performance ambiental da edificação.	2.00	
		Manual com informações do local e entorno.	1.00	
	Máxima pontuação no <i>Man 1</i>		3.00	
	<i>Man 2</i>	Compromisso de uso de boas práticas de gestão.	1.00	
		Compromisso de uso práticas superiores de gestão	2.00	
	Máxima pontuação no <i>Man 2</i>		2.00	
	<i>Man 3</i>	Gestão de resíduos de construção (RCD).	1.00	
		Gestão: RCD + 2 ou mais impactos ambientais.	1.00	
		Gestão: RCD + 4 ou mais impactos ambientais.	2.00	
	Máxima pontuação no <i>Man 3</i>		3.00	
	<i>Man 4</i>	Participação de um oficial de segurança arquitetónica	1.00	
Normas LPS1175SR1 ou PAS24-1 + BS7950.		1.00		
Máxima pontuação no <i>Man 4</i>		2.00		
Máxima pontuação na categoria Gestão.			10.00	
Pontuação Totam BREEAM EcoHomes = 100 pontos				

Fonte: EcoHomes 2006 Pre Assessment Estimator – BRE, 2006.

Os pontos dos créditos *Mat 1*, *Mat 2* e *Mat 3* são relativos aos materiais utilizados na construção. Os materiais de construção que tenham sido avaliados regularmente por análise de ciclo de vida - ACV (*Life Cycle Analysis – LCA*) pelo BRE, recebem crédito chamado *Ecopoints*. Os *Ecopoints* dos materiais utilizados nos vários componentes da

edificação definem a pontuação no *Mat 1*, *Mat 2* e *Mat 3*. A classificação e o nível dessa são definidas pela pontuação total obtida pela edificação no “checklist” (tabela 2).

Tabela 2 - Nível de classificação do BREEAM-EcoHomes.

Nível de certificação	BREEAM-EcoHomes
Suficiente (<i>Pass</i>)	36 a 47 pontos
Bom (<i>Good</i>)	48 a 57 pontos
Muito bom (<i>Very-good</i>)	58 a 69 pontos
Excelente (<i>Excelent</i>)	70 a 100 pontos

Fonte: BRE, 2008.

O BREEAM possui como característica positiva incluir aspectos de gestão ambiental na sua avaliação. Ao atribuir uma certificação por desempenho e pontuação, o BREEAM permite a comparação relativa entre os edifícios certificados (GOULART, 2005).

3.4.2. LEED

O sistema de classificação LEED é um “sistema de classificação de desempenho consensual e orientado para o mercado, que tem por objetivo acelerar o desenvolvimento e a implantação de práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis” (CASSIDY, 2003). O seu desenvolvimento foi coordenado pelo USGBC - *United States Green Building Council* e dele fizeram parte os vários setores da indústria de construção civil dos Estados Unidos. A ferramenta começou a ser desenvolvida em 1996 e teve sua primeira versão finalizada em 1999. Um dos seus princípios é o caráter voluntário que, segundo os seus realizadores, é um incentivo para busca de desempenhos superiores em relação aos padrões ou às normas obrigatórias (CASSIDY, 2003). As ferramentas do LEED para classificação da edificação são divididas por tipologia (USGBC, 2009). A figura 6 apresenta as ferramentas disponíveis atualmente.

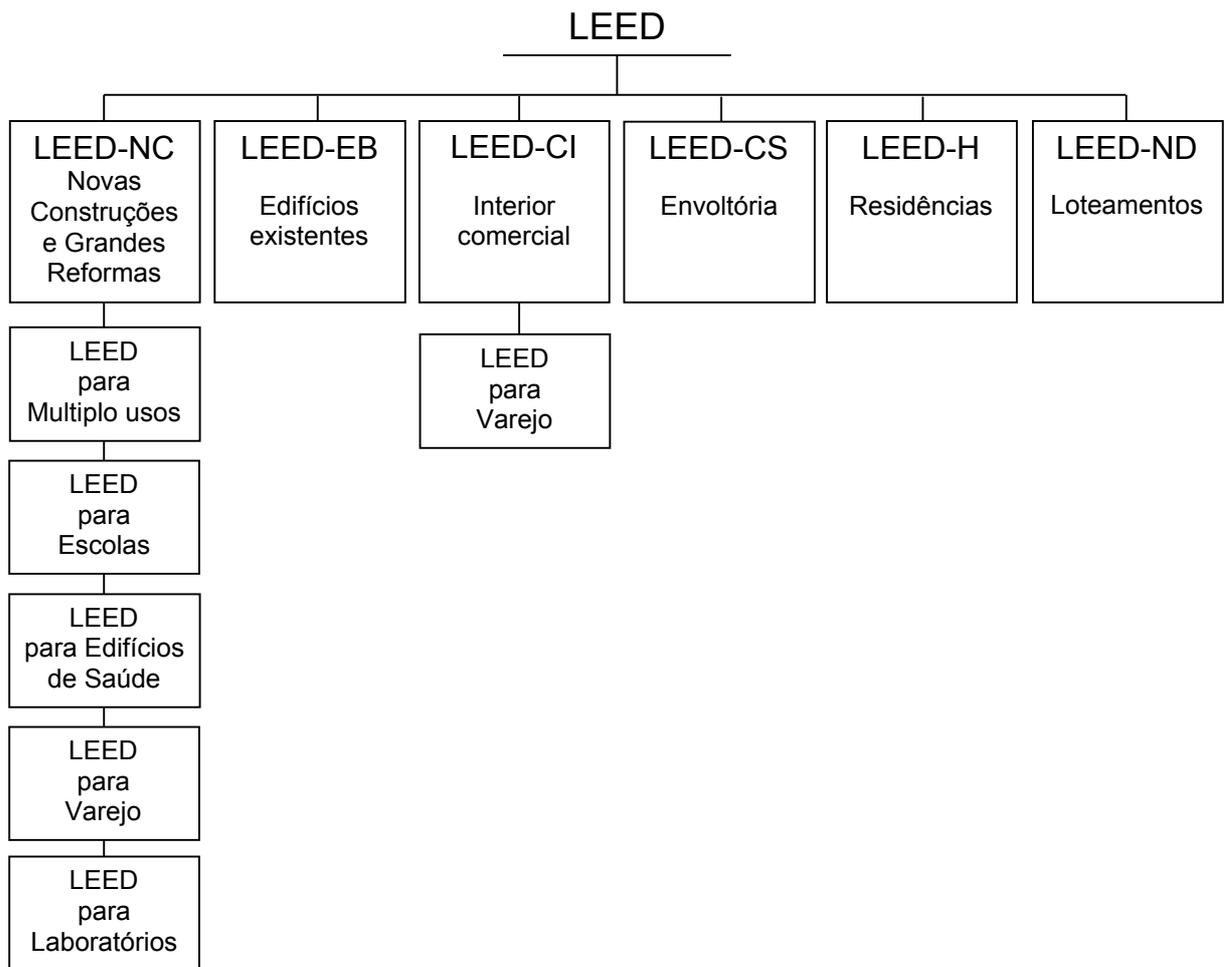


Figura 6 - Portfólio das ferramentas LEED (USGBC, 2008).

A figura 7 apresenta a atuação de cada ferramenta em relação a fase da edificação.

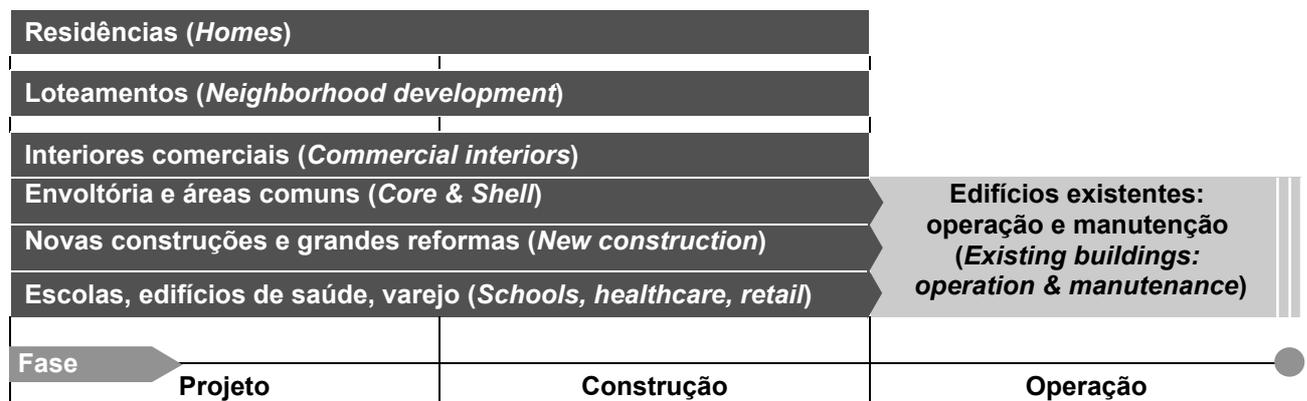


Figura 7 - Ferramentas do LEED relacionada às fases do empreendimento (USGBC, 2008).

Os principais objetivos do sistema LEED são (USGBC, 2009):

- definir “green building” por estabelecer um padrão comum de medição;
- promover a prática de projeto integrado, do edifício como um todo;
- reconhecer a liderança ambiental na indústria da construção;
- estimular a competição na construção sustentável;
- aumentar a consciência nos consumidores dos benefícios de edificações sustentáveis;
- transformar o mercado da construção.

O programa fornece uma estrutura completa para acessar o desempenho do edifício e atender as metas de sustentabilidade. Baseado em padrões científicos bem fundamentados, o LEED enfatiza estratégias para o desenvolvimento sustentável do espaço, aproveitamento de água, eficiência energética, seleção de materiais e qualidade ambiental interna (USGBC, 2009). O programa reconhece os sucessos alcançados e promove o conhecimento em edifícios sustentáveis através de um sistema amplo, oferecendo certificação de projeto, suporte profissional, treinamento e recursos práticos.

No mês de janeiro de 2009, 273 projetos entraram com pedido de certificação LEED em todo mundo. Até esta data, o LEED possui registrados 17.723 empreendimentos, sendo que destes 2.271, em um total de mais de 27 milhões de metros quadrados construídos, finalizaram o processo e possuem certificação (USGBC, 2009).

3.4.2.1. Versão LEED 2.2

A versão 2.2 do LEED foi lançada em 2005, sendo a mais atual para certificação no LEED de projetos registrados em 2008. Ela é dividida em sete categorias, sendo:

- *siting* (espaço sustentável), que visa o desenvolvimento sustentável local;
- *water efficiency* (uso racional da água), que visa a conservação dos recursos hídricos;
- *energy & atmosphere* (energia e atmosfera), que visa a eficiência energética das edificações;
- *materials & resource* (materiais e recursos), que visa o uso eficiente dos recursos e materiais;
- *indoor environmental quality* (qualidade ambiental interna), que garantir condições de conforto e saúde para os usuários;

- *innovation & design process* (inovação e processo de projeto), que visa estimular o desenvolvimento novas tecnologias e a capacitação dos profissionais na ferramenta.

Em cada categoria são previstos requisitos, que por sua vez, são específicos para cada família de ferramentas, como LEED-NC, LEED-EB, LEED-CS, etc. O atendimento destes proporciona créditos no empreendimento (tabela 3). Cada requisito tem o valor de um crédito e em algumas categorias existem pré-requisitos obrigatórios.

Tabela 3 - Pontuação máxima por categoria: LEED-NC e LEED-CS versão 2.2.

Categoria	Abrangência	Pontos LEED-NC	Pontos LEED-CS
Espaço sustentável	Terreno, implantação, entorno, transporte	14	15
Uso racional da água	Consumo de água do edifício	5	5
Energia e atmosfera	Consumo de energia do edifício	17	14
Materiais e recursos	Materiais renováveis e fornecimento	13	11
Qualidade ambiental interna	Qualidade do ar do edifício e na obra	15	11
Inovação e projeto	Inovação e profissional acreditado	5	5
Total		69	61

Fonte: USGBC, 2008

As pontuações obtidas no atendimento dos requisitos nas várias categorias são somadas, gerando uma pontuação única para o empreendimento. O total da pontuação indica se empreendimento está apto para ser certificado e o nível da certificação, conforme uma escala definida para cada ferramenta LEED (tabela 4).

Tabela 4 - Pontuação e níveis de certificação para edifícios de escritório: LEED-NC e LEED-CS v 2.2.

Nível de certificação	LEED-NC	LEED-CS
Certificado	26 a 32 pontos	23 a 27 pontos
Prata	33 a 38 pontos	28 a 33 pontos
Ouro	39 a 51 pontos	34 a 44 pontos
Platina	52 a 69 pontos	45 a 61 pontos

Fonte: USGBC, 2008.

Os pré-requisitos obrigatórios e os requisitos para o crédito em cada categoria da ferramenta LEED-NC versão 2.2 são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Créditos do LEED-NC 2.2.

Categoria	Crédito	Descrição	Tipo	
Espaço sustentável	SSp 1	Prevenção da poluição na atividade de construção.	Pré-requisito	
	SS 1	Seleção do terreno.	Requisito	
	SS 2	Densidade urbana e conexão com a comunidade.	Requisito	
	SS 3	Recuperação de áreas contaminadas.	Requisito	
	SS 4.1	Alternativa de transporte: acesso transporte público.	Requisito	
	SS 4.2	Alternativa de transporte: bicicletário e vestiário.	Requisito	
	SS 4.3	Alternativa de transporte: uso veículos de baixa emissão	Requisito	
	SS 4.4	Alternativa de transporte: redução do estacionamento.	Requisito	
	SS 5.1	Desenvolvimento do espaço: proteção, restauração habitat	Requisito	
	SS 5.2	Desenvolvimento do espaço: maximizar espaços abertos.	Requisito	
	SS 6.1	Projeto de Águas pluviais: controle da quantidade.	Requisito	
	SS 6.2	Projeto de Águas pluviais: controle da qualidade.	Requisito	
	SS 7.1	Redução da ilha de calor: Áreas descobertas.	Requisito	
	SS 7.2	Redução da ilha de calor: Áreas cobertas.	Requisito	
	SS 8	Redução da poluição luminosa.	Requisito	
Uso racional da água.	WE 1.1	Consumo de água para paisagismo: redução de 50%	Requisito	
	WE 1.2	Paisagismo: uso de água não potável ou sem irrigação.	Requisito	
	WE 2	Tecnologias inovadoras para águas servidas.	Requisito	
	WE 3.1	Redução do consumo da água: 20% redução.	Requisito	
	WE 3.2	Redução do consumo da água: 30% redução.	Requisito	
	Energia e atmosfera.	EAp 1	Comissionamento dos sistemas de energia.	Pré-requisito
EAp 2		Performance Mínima de Energia.	Pré-requisito	
EAp 3		Não uso de CFC's.	Pré-requisito	
EA 1		a	Economia no consumo de energia de 10.5% para edifícios novos ou de 3.5% para reformas.	Requisito
		b	Economia no consumo de energia de 14% para edifícios novos ou de 7% para reformas.	Requisito
		c	Economia no consumo de energia de 17.5% para edifícios novos ou de 10.5% para reformas.	Requisito
		d	Economia no consumo de energia de 21% para edifícios novos ou de 14% para reformas.	Requisito
		e	Economia no consumo de energia de 24.5% para edifícios novos ou de 17.5% para reformas.	Requisito
		f	Economia no consumo de energia de 28% para edifícios novos ou de 21% para reformas.	Requisito
		g	Economia no consumo de energia de 31.5% para edifícios novos ou de 24.5% para reformas.	Requisito
		h	Economia no consumo de energia de 35% para edifícios novos ou de 28% para reformas.	Requisito
		i	Economia no consumo de energia de 38.5% para edifícios novos ou de 31.5% para reformas.	Requisito
		j	Economia no consumo de energia de 42% para edifícios novos ou de 35% para reformas.	Requisito
EA 2		a	Geração local de energia renovável: 2.5% da demanda.	Requisito
		b	Geração local de energia renovável: 7.5% da demanda.	Requisito
		c	Geração local de energia renovável: 12.5% da demanda.	Requisito
EA 3		Melhorias no comissionamento.	Requisito	
EA 4	Melhorias no uso de gases refrigerantes.	Requisito		
EA 5	Medições e verificações.	Requisito		
EA 6	Energia verde.	Requisito		

Materiais e Recurso.	MRp 1	Estocagem e Coleta de materiais recicláveis.	Pré-requisito
	MR 1.1	Reuso: manutenção 75% paredes, pisos e coberturas.	Requisito
	MR 1.2	Reuso: manutenção 100% paredes, pisos e coberturas.	Requisito
	MR 1.3	Reuso: manutenção 50% elementos não estruturais.	Requisito
	MR 2.1	Gestão de resíduos: Desviar 50% do bota fora.	Requisito
	MR 2.2	Gestão de resíduos: Desviar 75% do bota fora.	Requisito
	MR 3.1	Reuso dos materiais: 5%.	Requisito
	MR 3.2	Reuso dos materiais: 10%.	Requisito
	MR 4.1	10% materiais reciclado: pós + 1/2 pré consumo.	Requisito
	MR 4.2	20% materiais reciclado: pós + 1/2 pré consumo.	Requisito
	MR 5.1	Materiais regionais: 10% extraído, processado e manufaturado na região.	Requisito
	MR 5.2	Materiais regionais: 20% extraído, processado e manufaturado na região.	Requisito
	MR 6	Materiais de rápida renovação.	Requisito
	MR 7	Madeira certificada.	Requisito
Qualidade ambiental interna.	Eqp 1	Desempenho mínimo da qualidade do ar interno.	Pré-requisito
	Eqp 2	Controle do fumo	Pré-requisito
	EQ 1	Monitoração do ar externo.	Requisito
	EQ 2	Aumento da ventilação.	Requisito
	EQ 3.1	Plano de qualidade do ar: durante a construção.	Requisito
	EQ 3.2	Plano de qualidade do ar: antes da construção.	Requisito
	EQ 4.1	Materiais com baixa emissão de COVs: adesivos e selantes.	Requisito
	EQ 4.2	Materiais com baixa emissão de COVs: tintas e vernizes.	Requisito
	EQ 4.3	Materiais com baixa emissão de COVs: carpetes.	Requisito
	EQ 4.4	Materiais com baixa emissão de COVs: madeiras compostas.	Requisito
	EQ 5	Controle interno: poluentes e produtos químicos.	Requisito
	EQ 6.1	Controle de sistemas: iluminação.	Requisito
	EQ 6.2	Controle de sistemas: conforto térmico.	Requisito
	EQ 7.1	Conforto térmico: projeto.	Requisito
	EQ 7.2	Conforto térmico: verificação.	Requisito
	EQ 8.1	Luz do dia e paisagem: presente em 75% dos espaços.	Requisito
	EQ 8.2	Luz do dia e paisagem: presente em 90% dos espaços.	Requisito
	Inovação e projeto.	ID 1.1	Inovação.
ID 1.2		Inovação.	Requisito
ID 1.3		Inovação.	Requisito
ID 1.4		Inovação.	Requisito
ID 2		Participação no processo de profissional acreditado LEED (LEED Acredit Professional).	Requisito

Fonte: USGBC, 2008

As exigências de cada requisito são definidas por guias chamados *reference guides*. Estes são baseados em normas internacionais e dos Estados Unidos, estudos do USGBC e *benchmarking*.

Um relatório do *Federal Environmental Executive* declara que alguns pré-requisitos do LEED 2.2, são de condições mínimas e que isto possibilita a obtenção da classificação mesmo com um desempenho mínimo e fraco em alguns aspectos. Outro estudo da universidade de Michigan mostrou que o LEED vem alcançando sucesso como ferramenta política e de mercado, mas que precisa melhorar sua metodologia de avaliação do impacto ambiental da edificação (CASSIDY, 2003).

3.4.2.2. Versão LEED 2009

Para aprimorar o sistema, o USGBC desenvolveu novas versões das ferramentas do LEED. Estas versões estão sendo chamadas de LEED 2009. Entre os objetivos buscados pelo USGBC, está o de alcançar um peso mais coerente com o impacto da edificação. Para isto, foi realizada uma ponderação dos créditos da versão 2.2 e realocação dos mesmos. Deste modo a pontuação de cada crédito foi alterada visando refletir o potencial de impacto negativo ou positivo do mesmo na edificação.

O processo de definição dos novos pesos de cada crédito foi realizado com base em dados científicos e participação do meio acadêmico e de profissionais do setor de construção civil. Foi utilizado um manual único (*workbook*) que compila e sintetiza dados ambientais do edifício e os relacionam com os créditos da ferramenta. Segundo o USGBC (2008c), a utilização deste *workbook* único permitiu a incorporação prática da ciência no LEED.

No processo de ponderação do LEED 2009, foi realizado a análise do ciclo de vida (ACV) de uma edificação típica dos Estados Unidos, utilizando os softwares SimaPro, BEES, *Athena Impact Estimator for buildings* e *Athena EcoCalculator*. A edificação escolhida para referência representa uma média das edificações certificadas pelo LEED, sendo um edifício de dois andares comercial, inteiramente ocupado.

Na ACV foram consideradas as categorias de impacto ambiental do TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Environmental Impacts*). A ACV calculou os impactos nas fases de projeto, construção, operação e manutenção, conforme previsto no NIST (*National Institute of Standards and Technology*) dos Estados Unidos.

Os impactos ambientais calculados foram relacionados, através de uma matriz, aos créditos previstos no LEED. Deste modo o USGBC definiu qual crédito estaria relacionado a determinado impacto e o nível de contribuição, negativa ou positiva, do crédito. Os créditos foram então distribuídos em grupos de atividades, considerando sua relação com impactos ambientais, como saúde humana, meio ambiente, mudança climática, uso da água entre outros. Como esperado, os créditos apresentaram níveis de impacto diferentes entre si e a pontuação passou a ser relacionada a estes. Os impactos observados nas categorias “Materiais e Recurso” e “Qualidade Ambiental Interna” foram menores do que os previstos na versão 2.2. Alguns créditos apresentaram impactos insignificantes, e o USGBC decidiu por fixar a pontuação mínima para estes casos de 1 ponto. O fato dos créditos passarem a possuir pontos diferentes de acordo com seu impacto permite ao usuário avaliar qual estratégia tem maior importância (USGBC, 2008b).

A flexibilidade do processo permite que, à medida que nossa compreensão sobre a sustentabilidade nas edificações avança, sejam adicionados e revistos dados científicos e de mercado. Teoricamente isto permitiria que esta análise fosse feita individualmente por empreendimento. Porém, decidiu-se não considerar situações específicas na certificação, pois, no entendimento do USGBC, os agentes do empreendimento devem ficar isentos da responsabilidade de decisões com considerações científicas (USGBC, 2008a).

Quando do processo de certificação de uma edificação, a mesma será comparada com a edificação referência utilizada na ACV. Com isso é definido o atendimento ou não do crédito. A pontuação do crédito é expressa em uma porcentagem, de modo que todas as ferramentas do LEED (LEED-NC, LEED-CS, LEED-EB e outras) possuam a pontuação final total dos grupos de atividades de 100 pontos. Com isso, os níveis para obter a certificação em todas as ferramentas foram definidos:

- certificados (*certified*) 40 pontos;
- prata (*silver*) 50 pontos;
- ouro (*gold*) 60 pontos;
- platina (*platinum*) 80 pontos.

Além destes 100 pontos, foram previstos 10 pontos de bônus sendo 5 pontos para inovação e projeto, 1 ponto para profissional acreditado LEED e 4 pontos para regionalização. Os pontos de regionalização foram incluídos para permitir considerações

na ferramenta das características locais de outros países, uma vez que o LEED apresenta forte expansão internacional (USGBC, 2008).

De modo geral, a versão mantém a lógica de *checklist* das versões anteriores. Segundo o USGBC isto é um benefício, de modo que permite a incorporação dos esforços científicos sem grandes mudanças para o mercado usuário da ferramenta. O USGBC avalia que o processo expõe as inadequações existentes nas versões anteriores e que possibilita a identificação das áreas onde as atividades de pesquisa e desenvolvimento devem estar focalizadas (USGBC, 2008).

3.4.3. HQE

A certificação “*Opération HQE® tertiaire*” ou “*Haute Qualité Environnement*” ou, em português, “Empreendimento Comercial de Elevado Desempenho Ambiental”, foi desenvolvida na França pela Associação HQE, pela ADEME (*Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*), por comissões de normalização e pelo CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*), buscando avaliar o desempenho ambiental de empreendimentos da construção civil. Sua primeira versão experimental foi lançada em dezembro de 2002 para edificações comerciais. Em fevereiro de 2004 foi lançada sua versão definitiva e a primeira certificação ocorreu em março de 2004. A certificação é obtida distintamente em três fases: Programa, Projeto e Execução. Segundo a Associação HQE, em todo mundo, até maio de 2008, cerca de 150 empreendimentos haviam sido certificados pelo menos na fase de projeto (CSTB, 2008).

A certificação analisa dois parâmetros: o sistema de gestão do empreendimento ou SMO (*Système de Management d'Opération*) e a qualidade ambiental do edifício ou QEB (*Qualité Environnementale du Bâtiment*). Segundo CARDOSO (2003) o SMO aplica conceitos gerais de modo a poder ser utilizado em diferentes países. O QEB aplica conceitos adaptados às construções francesas e à legislação local. O SMO apóia o empreendedor na gestão do empreendimento, de modo a assegurar a qualidade ambiental, definida pelo de QEB.

O SMO define o objeto das metas prioritárias da QEB (categorias de preocupações ambientais) e organiza as ações necessárias para alcançá-las. A definição das metas é

feita conforme as características do local do empreendimento, das exigências legais e regulamentares pertinentes, das necessidades e expectativas das partes interessadas e dos objetivos ambientais do empreendedor. Este perfil vai determinar as categorias de preocupações ambientais, sanitárias e de conforto que serão privilegiadas. Ele deve considerar quatorze categorias ambientais, reunidas em quatro famílias, sendo:

eco-construção

categoria nº1: relação do edifício com o seu entorno

categoria nº2: escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos

categoria nº3: canteiro de obras com baixo impacto ambiental

gestão

categoria nº4: gestão da energia

categoria nº5: gestão da água

categoria nº6: gestão dos resíduos de uso e operação do edifício

categoria nº7: manutenção - permanência do desempenho ambiental

conforto

categoria nº8: conforto higrotérmico

categoria nº9: conforto acústico

categoria nº10: conforto visual

categoria nº11: conforto olfativo

saúde

categoria nº12: qualidade sanitária dos ambientes

categoria nº13: qualidade sanitária do ar

categoria nº14: qualidade sanitária da água

Definida quais categorias serão priorizadas, QEB torna-se o perfil ambiental da edificação. Para cada uma das categorias é definido um nível de desempenho. Existem três níveis possíveis de desempenho: *Base*, *Performant* e *Très Performant*. Para obter a certificação, o empreendedor deverá escolher, dentre as 14 categorias de preocupações, pelo menos 7 que responderão pelo menos às exigências do nível *Performant*, dentre as quais ao

menos 3 respondendo àquelas do nível *Très Performant*. As demais categorias deverão atender às exigências do nível *Base*.

O CSTB definiu como nível *Base*, os desempenhos normalizados ou regulamentados ou correspondentes às práticas usuais; como nível *Performant*, os desempenhos superiores às práticas usuais; e como nível *Très Performant*, os desempenhos obtidos por empreendimentos realizados na França que foram considerados como exemplos de boas práticas de qualidade ambiental.

A HQE exige que todas as categorias apresentem um desempenho ao menos igual ao normalizado ou regulamentado ou correspondente às práticas usuais. O atendimento ao desempenho de nível *Base* é relativamente fácil de ser avaliado. Porém, os níveis *Performant* e *Très Performant* possuem avaliação mais complexa. Devido à variedade de soluções técnicas que podem responder às exigências nestes níveis, e para manter as possibilidades de desenvolvimento de soluções inovadoras, podem-se propor métodos de avaliação diferentes dos definidos pelo HQE. A certificação é obtida caso a edificação atenda ao perfil ambiental definido no QEB. Não atendendo a edificação não recebe certificação. Não existe uma escala de níveis de certificação.

3.5. Estado da Arte no Brasil

Considerando a sustentabilidade do ambiente construído como parte do processo de busca pelo desenvolvimento sustentável, a definição de uma agenda de sustentabilidade ou agenda 21 para o setor de construção civil, em acordo com metas nacionais amplas de desenvolvimento, deve ser a base inicial para implantação de conceitos, práticas e avaliação da sustentabilidade no ambiente construído (SILVA, 2003).

No Brasil, JOHN et al. (2000) e JOHN, SILVA e AGOPYAN (2001) iniciaram a discussão de uma agenda 21 setorial para a construção civil, baseada na Agenda 21 do CIB (*CIB Agenda 21 for sustainable construction*, 1999). Posteriormente, SILVA (2003) propôs a adoção na agenda, de uma dimensão institucional, complementando as tradicionais ambientais, sociais e econômicas, visando reforçar as ações dentro e fora do setor. A dimensão institucional seria necessária devido à falta de instrumentos normativos, políticas governamentais, articulação no setor e de pesquisas e dados de produtos e

edifícios, visando à sustentabilidade no Brasil. Estas carências trazem grandes desafios para implantação da sustentabilidade na construção civil, sendo que, segundo SILVA (2008), os principais são:

- criação de uma base de dados dos impactos ambientais durante o ciclo de vida, baseada na metodologia de ACV, dos edifícios, dos componentes e dos materiais de construção brasileiros;
- regionalização dos métodos de avaliação da sustentabilidade na construção civil.
- definição de indicadores de sustentabilidade regionais para o desempenho das edificações.

O estudos dos impactos ambientais do setor de construção civil poderiam ocorrer através do UNEP *Task Force* 5, do qual o Brasil faz parte (SILVA, 2008). O UNEP *Task Force* 5 é um grupo de trabalho surgido entre uma parceria entre a UNEP (*United Nations Environment Programme*) e a SETAC (*Society for Environmental Toxicology and Chemistry*) para o programa *International Life Cycle Partnership*, que visa “desenvolver e disseminar ferramentas práticas para avaliar as oportunidades, riscos e *trade-offs* associados aos produtos ou serviços no ciclo de vida a fim de atingir o desenvolvimento sustentável” (UNEP, 2009). Porém os estudos do grupo não avançaram no Brasil. Outra iniciativa vem sendo conduzida pelo conduzida pelo IBICT - Instituto Brasileiro para a Informação na Ciência e na Tecnologia, que visa em um futuro próximo, criar um banco de dados de ACV dos materiais de construção civil (SILVA, 2008).

Recentemente foram criados dois selos ambientais para produtos de construção civil. Um deles foi desenvolvido pela empresa Sustentax e foi denominado selo “Sustentax de Sustentabilidade com Qualidade”. Segundo a empresa, o propósito do selo é “facilitar a introdução de produtos socioambientalmente corretos” e seus métodos de avaliação são: “conformidade com o LEED; conformidade de qualidade ou de procedimentos; conformidade com práticas socioambientalmente corretas, incluindo o Pacto Global das Nações Unidas; existência de orientações para aumento de produtividade, minimização de desperdício e descarte de materiais” (SUSTENTAX, 2008).

O outro selo criado no Brasil foi o “selo Ecológico Falcão Bauer”. Ele foi desenvolvido pelo Instituto Falcão Bauer da Qualidade - IFBQ e pelo Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica - IDHEA, visando à avaliação de produtos e tecnologias

sustentáveis. O selo engloba materiais e tecnologias da indústria da construção civil, movelaria, indústria têxtil e química. Os objetivos da avaliação são verificar a redução de impactos negativos da atividade produtiva, em todas as suas etapas; e a melhoria contínua de desempenho do produto, sob o ponto de vista da qualidade, do meio ambiente e das suas responsabilidades sociais. Segundo o IFBQ, são analisados: o desempenho ambiental, a segurança do trabalho, o atendimento à legislação, as características químicas, a análise do ciclo de vida ACV, as ações ambientais e as ações sociais. O selo apresenta-se atualmente em fase embrionária e é esperado que o mesmo adote metodologias com base científica como a ACV (SILVA, 2008).

Segundo SILVA (2008), apesar de ainda não existir metodologia brasileira de avaliação de sustentabilidade no ambiente construído, existe uma crescente demanda para tal, estimulada por exigências de empresas multinacionais para suas edificações no país. Atualmente, existem dois sistemas de classificação de edificações com foco em sustentabilidade que podem ser usados no Brasil: o LEED e o AQUA.

O sistema LEED foi introduzido no Brasil a partir da criação em 2007 do Green Building Council Brasil - GBCBrasil. O GBCBrasil é uma organização não governamental cuja missão é “desenvolver a indústria da construção sustentável no país, utilizando as forças de mercado para conduzir a adoção de práticas de *green building* em um processo integrado de concepção, implantação, construção e operação de edificações e espaços construídos” (GBCBRASIL, 2009). A entidade pretende ser referência em construção sustentável no Brasil, liderando a aplicação dos conceitos através de: capacitação profissional na forma de cursos; compilação e divulgação de práticas; atuação junto a outras organizações, governamental e não governamentais; e disseminação da certificação LEED adaptada para a realidade brasileira.

Na adaptação da ferramenta para o Brasil, o GBCBrasil criou comitês em cada categoria do LEED, para análise dos critérios adotados e apresentação de sugestões de adaptação dos créditos que estes julgam necessário. A participação nos comitês tem caráter voluntário e contava, segundo o GBCBrasil, com 78 profissionais no final de 2008, incluindo professores acadêmicos, arquitetos, engenheiros, biólogos, médicos, consultores e profissionais acreditados LEED. Em junho de 2008 foi finalizado o trabalho de análise da ferramenta LEED-NC 2.2 e apresentado, para o GBC Internacional, as

sugestões de modificações para o Brasil, a fim de aprovação das mesmas. Recentemente, foi criado um comitê para adaptação da futura versão LEED 2009 para o Brasil. Entre os trabalhos a serem desenvolvidos por esse comitê inclui-se a ACV para edificações brasileiras. Segundo o GBCBrasil, até dezembro de 2008, cento e dois empreendimentos registraram pedido de certificação LEED no Brasil, mostrando um penetração considerável no mercado. Porém deve ser ressaltado que o processo dessas certificações vem ocorrendo sem uma anterior e desejável adaptação da ferramenta LEED para Brasil (SILVA, 2008).

O outro sistema de classificação de edificações voltado para sustentabilidade disponível no Brasil é o AQUA (Alta Qualidade Ambiental). O AQUA foi lançado em abril de 2008 pela Fundação Vanzolini - FCAV da Universidade de São Paulo - USP. Ele foi adaptado pelos professores do departamento de engenharia de construção civil da USP, a partir da certificação HQE da França. Assim como na ferramenta francesa, a avaliação parte de um perfil ambiental definido pelo empreendimento a partir de seu sistema de gestão, chamado de SGE, e da qualidade ambiental pretendida para o edifício, chamada de QAE. A certificação ocorre nas três fases do empreendimento: programa, concepção e realização. O perfil ambiental deve definir o desempenho, em níveis bom, superior e excelente, nas mesmas categorias ambientais (quatorze ao todo) e com as mesmas exigências do HQE. As referências dos níveis de desempenho para o Brasil foram definidas no processo de adaptação. A certificação é obtida caso a edificação atenda ao perfil ambiental proposto. Assim como o HQE, o AQUA na apresenta uma escala de níveis de certificação. Segundo SILVA (2008) o AQUA registrou dois empreendimentos em 2008.

Outra iniciativa referente à sustentabilidade no ambiente construído no Brasil foi a criação, em agosto de 2007, do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS. O CBCS é uma organização não governamental, liderada por agentes dos meios acadêmicos, contando também com a participação de agentes do mercado e lideranças do setor de construção civil. Segundo o conselho, seus principais objetivos são: geração e difusão de conhecimento e de boas práticas através de parcerias estratégicas e de uma rede de trabalho; promoção da inovação; integração do setor da construção civil com outros setores da sociedade; elaboração de guias de referência; discussão das políticas públicas e setoriais relativas ao setor; coordenação de soluções e ações integradas entre setores

diversos. Para isso, foram criados comitês temáticos para atuação nas diversas áreas afins da sustentabilidade no ambiente construído, sendo: energia; água; materiais; projeto; avaliação de sustentabilidade; e econômico e financeiro. As atividades do CBCS adotam “uma visão sistêmica da sustentabilidade, com foco no setor da construção civil e suas interações com a indústria de materiais de construção, o setor financeiro, o governo, a academia e a sociedade civil” (CBCS, 2009).

Vários empreendimentos recentes de construção civil no Brasil vem buscando adotar conceitos de sustentabilidade. Entre os mais significativos, podemos destacar o novo centro de pesquisas tecnológicas da Petrobras, conhecido por CENPES II, que está sendo construído na cidade do Rio de Janeiro. O projeto de arquitetura do empreendimento, como área de aproximadamente 100.000 m², foi escolhido em um concurso nacional realizado em 2004. Desde a idealização, a Petrobras teve como objetivo utilizar amplamente os conceitos de sustentabilidade. Na elaboração dos quesitos do edital, participaram diversos especialistas incluindo o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) e o Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON), ambos da Universidade Federal de Santa Catarina e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Também foi definido como quesito que a edificação possuísse a certificação ambiental LEED.

A proposta vencedora foi a do arquiteto Siegbert Zanettini, com co-autoria de José Wagner Garcia (figura 8). O projeto é fortemente influenciado pela arquitetura bioclimática carioca (MOURA et al., 2009). A disposição espacial da proposta é predominantemente horizontal, com espaços de transição formados por pátios, terraços e circulações abertas. Esta solução têm papel fundamental no conforto ambiental, na eficiência do consumo de energia da edificação e nas interação dos usos dos espaços. Além disso, foram utilizadas e reinterpretadas estratégias de arquitetura bioclimática, como sombreamento por coberturas duplas e *brise-soleil*, uso de cores claras, vegetação e ventilação natural (MOURA et al., 2009).



Figura 8 - CENPES II

Segundo ZANETTINI e GARCIA (2007), o projeto constitui-se, conceitualmente, uma versão contemporânea da arquitetura brasileira. Os autores buscaram a inovação em todos os aspectos envolvidos, buscando integrar arquitetura, estrutura, sistemas de eco-eficiência, paisagismo, recuperação da paisagem, comunicação visual, economia, planejamento e organização da obra. No processo de projeto, todas as disciplinas criaram e influenciaram, simultaneamente o resultado final. Foram envolvidos 140 especialistas em uma equipe integrada, atribuindo o mesmo peso às considerações científicas e à criatividade na concepção do projeto.

Na concepção do CENPES II, os autores realizaram uma analogia com um organismo vivo (ZANETTINI e GARCIA, 2007), onde a cobertura e as fachadas tem a função de pele, para proteção e troca calor e energia do ambiente interno com o meio ambiente (figura 9). O eixo central se caracteriza como uma estrutura que, assim como em uma espinha dorsal do “organismo”, articula os blocos de escadas e elevadores, e permite a estabilidade do conjunto (figura 10). O Centro Integrado de Controle (CIC), o Centro de Realidade Virtual (CRV) e o Centro Integrado de Processamento de Dados / Rio de Janeiro (CIPD/RIO) “pensa”, controla e comanda toda a edificação, assim como um sistema nervoso. Também, os sistemas hidráulicos, elétricos, de condicionamento e outros funcionam em analogias a sistemas circulatórios, digestivos, respiratórios do edifício sendo

que, segundo os autores, cada parte ou sistema “é um elemento indissociável do todo, para um funcionamento sadio, que se preserva no tempo.”

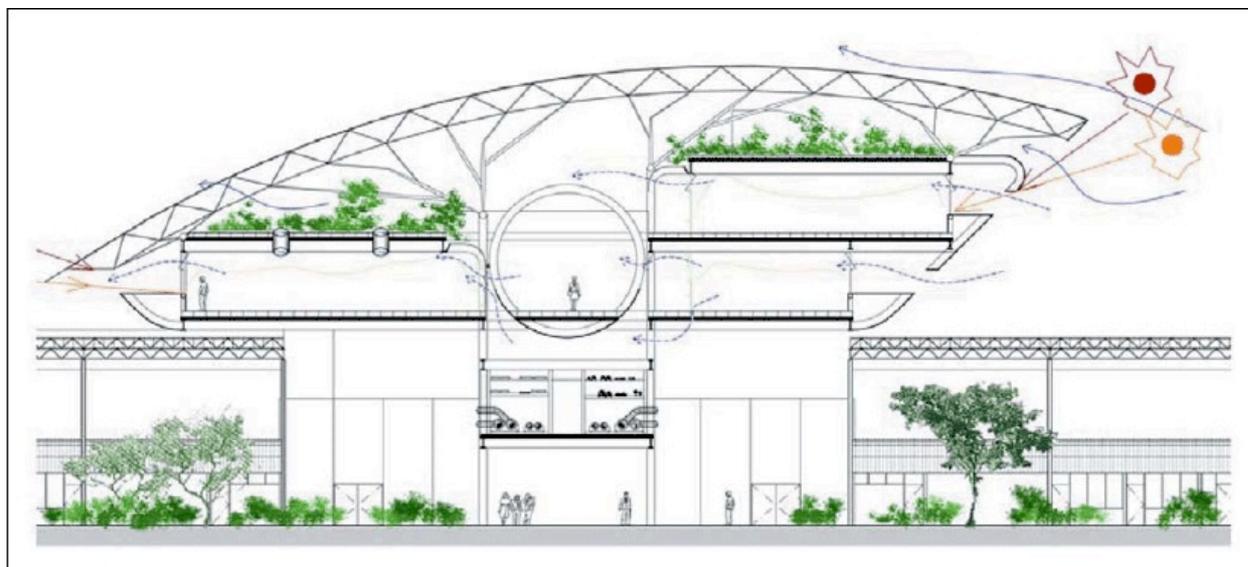


Figura 9 - Interação e funções dos sistemas do edifício CENPES II

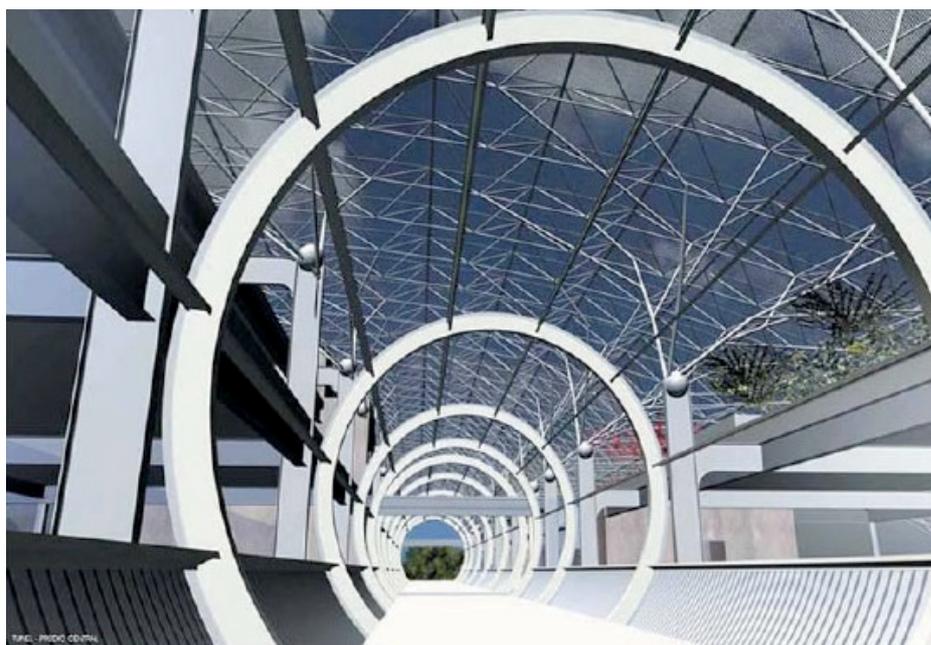


Figura 10 - Eixo central do CENPES II

3.6. Abordagem Sistêmica

A compreensão de situações por uma abordagem sistêmica permite organizar os fenômenos, independente de sua formação e configuração presente. O sistema é visto como um conjunto de partes interagentes e interdependentes que, conjuntamente, formam um todo unitário com determinado objetivo e efetuam determinada função (BERTALANFFY, 1975).

3.6.1. Teoria geral dos sistemas

A teoria geral de sistemas, ou TGS, foi desenvolvida pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy entre 1950 até sua publicação e 1968. A TGS busca teorias que possam ser aplicadas na realidade. Seus pressupostos básicos são:

- a busca de uma integração das várias ciências naturais e sociais;
- um método de estudos abrangentes para os campos não físicos do conhecimento científico, especialmente as ciências sociais;

- princípios unificadores que atravessam verticalmente os universos particulares das diversas ciências envolvidas.

A TGS procura avaliar o sistema como um todo, identificando o maior número de variáveis possíveis, internas e externas, que possam influenciar o mesmo. Com isso ela permite o entendimento das inter-relações e interações de assuntos de natureza diferente (BERTALANFFY, 1975).

Os sistemas são conceituado quanto à sua contituição em sistemas físicos ou sistemas abstratos, e quanto a sua natureza em sistemas abertos e sistemas fechados.

Os sistemas físicos ou concretos são aqueles compostos de equipamento, de maquinaria e de objetos e coisas reais, como os materiais, os edifícios, o ambiente construído. Os sistemas abstratos ou conceituais são aqueles compostos por conceitos, planos, hipóteses e idéias, como a sustentabilidade, a qualidade, a gestão. Os sistemas físicos e abstratos são complementares: os sistemas físicos precisam de um sistema abstrato para funcionar, e os sistemas abstratos somente se realizam quando aplicados a algum sistema físico.

Os sistemas fechados não apresentam troca com o meio ambiente ou sistema que os circunda, ou seja não recebem nenhum recurso externo e nada produzem que seja enviado para fora. Portanto, os sistemas fechados não recebem nenhuma influência do ambiente e não o influenciam. Podemos dizer que o único sistema físico realmente fechado seria o universo, todos os demais sistemas físicos apresentam algum tipo de troca com outros sistemas. A matemática é um exemplo de sistema abstrato fechado.

Os sistemas abertos são aqueles que apresentam relações de intercâmbio com o ambiente, por meio de entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). Os sistemas abertos trocam matéria e energia regularmente com o meio ambiente ou outros sistemas, adaptando-se constantemente às condições do ambiente. Os sistemas vivos, sejam indivíduos ou organizações, os conceitos e idéias e os edifícios e ambientes construídos, são analisados como “sistema abertos”, mantendo um contínuo intercâmbio de matéria/energia/informação com o ambiente.

3.6.2. Complexidade

Os sistemas podem apresentar características de complexidade (MORIN, 1990). Os sistemas complexos são compostos de muitos elementos e subsistemas diferentes, interagindo espacialmente e temporalmente de forma não linear, gerando padrões emergentes que são observáveis apenas em escalas maiores.

As relações entre os elementos do sistema formam uma intrincada rede de relações, e geram uma série de funções que podem ser realizadas pelo mesmo. Um sistema com pequeno número de elementos diferentes e um maior número de funções será mais complexo que um sistema com um grande número de elementos, mas relativamente com poucas funções. Isto leva a três premissas fundamentais:

- existe um limite e uma capacidade de um sistema realizar funções;
- a percepção dos elementos é menos complexa que a percepção das relações e funções realizadas pelo sistema;
- quanto menos elementos, com o mesmo número de funções, menos complexo o sistema.

A mente humana pode ser considerada como um sistema complexo. A sua capacidade de percepção, interpretação e compreensão pode ser considerada como uma função realizada por este sistema. A mente humana ao perceber outro sistema vai interpretar e tentar compreender o mesmo dentro de seus limites e capacidades. Caso o sistema possua complexidade acima da capacidade de interpretação da mente humana, ela vai reduzir a complexidade da percepção do sistema, para então interpretá-lo e compreendê-lo. Uma vez que perceber elementos é menos complexo que perceber as funções, a redução da complexidade vai ocorrer em detrimento da interpretação e compreensão das mesmas. Caso exista ainda um grande número de elementos que tornem a compreensão complexa, a redução da complexidade pela mente humana vai reduzir o número de elementos a serem percebidos.

Uma abordagem puntual facilita a percepção de elementos que eventualmente são desconsiderados pela redução da complexidade da mente perante a exposição do sistema complexo no todo. Esta abordagem puntual pode ser definida como uma redução da complexidade do sistema. A percepção, interpretação e compreensão puntual dos

elementos do sistema permitem a compreensão das relações e funções do mesmo e a capacidade de síntese e compreensão do todo em um sistema complexo.

3.6.3. Entropia

A entropia é uma grandeza termodinâmica geralmente associada ao grau de desordem. Ela mede a parte da energia que não pode ser transformada em trabalho. É uma função de estado cujo valor cresce durante um processo natural em um sistema fechado (HALLIDAY et al., 2003)

Para caracterizar a entropia é necessário entender as leis da termodinâmica. Segundo FERMI (1956) a primeira lei pode ser definida como:

“A primeira lei da termodinâmica é essencialmente a afirmação do princípio de conservação da energia para sistemas termodinâmicos”.

A primeira lei diz que a energia não pode ser criada ou destruída, que a variação de energia num sistema durante qualquer transformação é igual à quantidade de energia que o sistema troca com o ambiente e que não existem limitações sobre as possibilidades de transformação de energia de uma forma para outra. No entanto, nosso modelo de desenvolvimento é baseado na premissa da possibilidade ilimitada de transformação de energia em trabalho (RIFKIN, 1987).

A segunda lei estabelece as condições para que as transformações termodinâmicas possam ocorrer:

“É impossível uma transformação cujo resultado final seja transformar em trabalho todo o calor extraído de uma fonte” (postulado de Kelvin).

A segunda lei da termodinâmica afirma que a quantidade de trabalho útil que você pode obter a partir da energia do universo está constantemente diminuindo. Um local com grande quantidade de energia terá uma temperatura maior que um local de menor quantidade de energia. Nessa situação pode-se transformar o fluxo da energia em trabalho. Quanto menor a diferença de temperatura, menos trabalho poderemos obter. O fluxo de energia flui da região com maior energia para a de menor energia. Em um sistema termodinâmico, observamos a tendência das regiões quentes se resfriarem e as

regiões frias se aquecerem, ou seja, as regiões quentes de maior concentração de energia perdem energia para as regiões frias de menor concentração. Quando o sistema está em equilíbrio, em uma mesma temperatura, não podemos obter trabalho, mesmo que toda a energia continue no sistema. A quantidade de energia do sistema que não pode ser transformada em trabalho é chamada de entropia.

Como o universo é um sistema termodinâmico, esse segundo princípio indica que, com o tempo, dispõe-se sempre de menos energias utilizáveis. A energia total do universo é constante e a entropia total está em contínuo aumento (RIFKIN, 1987).

A entropia de um sistema está relacionada com o número de configurações (ou arranjos) de mesma energia que este pode assumir. A interpretação molecular da entropia sugere que, em uma situação puramente geométrica, quanto maior o número de configurações, maior a entropia. Por esta razão, a entropia é geralmente associada ao conceito subjetivo de desordem. Podemos dizer que um sistema com maior número de configurações indica uma maior complexidade do mesmo. Ou seja, um sistema mais complexo possui maior entropia. O conceito de configurações equiprováveis não se restringe à configurações geométricas, envolvendo também as diferentes possibilidades de vários sistemas, incluídos os econômicos, sociais e ambientais. O conceito de entropia permite uma análise da ordem e desordem de um dado sistema (HALLIDAY et al., 2003).

3.7. Dialética

A dialética é um conceito que vem da Grécia antiga, entendida como uma lógica baseada no princípio da contradição (FOULQUIÉ, 1966).

Baseado neste princípio, o filósofo alemão Hegel desenvolveu um método de pensamento utilizando a dialética para compreensão da realidade, vista fundamentalmente como contraditória e em constante transformação (POPPER, 1940). Segundo Hegel, a realidade possui situações inicialmente existentes, entendidas como tese afirmativa. Em oposição à tese afirmativa, surgem novas situações, entendidas como antítese. Do conflito entre elas surge uma nova situação ou síntese, que possui elementos resultantes desse embate. A síntese, então, torna-se uma nova tese que contrasta com uma nova antítese gerando uma nova síntese, em um processo contínuo.

Ainda no século XIX, Marx, utiliza o método dialético desenvolvido por Hegel para explicar as mudanças ocorridas na história da humanidade (FOULQUIÉ, 1966). Este entendimento rompe com o idealismo da dialética de Hengel, onde a realidade ou síntese são resultados de pensamentos e argumentos. A dialética de Marx é baseada em fatos concretos. A síntese e transformação da realidade e da sociedade ocorrem a partir da materialidade da vida, ou seja, de fatos históricos. Estes fatos históricos apresentam elementos contraditórios que dão origem a novos fatos históricos. Segundo Marx, cada momento de progresso da sociedade pode ser entendido a partir da síntese de dois fatos históricos precedentes e conflitantes (BURNS e DEVILLE, 2006).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Na busca dos objetivos pretendidos, foi inicialmente construída uma visão crítica da situação, através de uma abordagem sistêmica na qual utilizou-se para análise os métodos dedutivo e dialético. Ou seja, a partir da revisão bibliográfica, foi analisado o que pode ser considerado como características afirmativas da nossa sociedade e do setor da construção civil, em nosso momento histórico. Também a partir da revisão bibliográfica foi identificado o que pode ser considerado como afirmações dos conceitos de sustentabilidade. Estas afirmações, da nossa sociedade, do setor da construção civil e dos conceitos de sustentabilidade, foram contrapostas, de modo a expor as dúvidas e negações.

A partir da construção da visão crítica da situação, foi inferido o conceito de sustentabilidade de modo a ser uma síntese que considerasse as afirmações e negações da mesma. No trabalho de síntese se utilizou os fundamentos abstraídos da visão crítica, e dos métodos dialético e dedutivo. Também considerou-se as características gerais da crítica até a particularidade do conceito de sustentabilidade relacionada aos empreendimentos de construção civil. Esse conceito foi construído para possibilidades teóricas e práticas.

Baseado no conceito inferido foi proposto um modelo de política e gestão para empreendimentos de construção civil. Uma vez que o conceito é uma nova proposição e, portanto, suas possibilidades práticas não foram ainda testadas, foi utilizado para desenvolvimento do modelo um método hipotético-dedutivo. Foram definidas situações hipotéticas que permitiram deduzir um modelo.

Dentro do modelo proposto foi desenvolvida uma ferramenta de auxílio à tomada de decisões, denominada seleção de prioridades, a fim de permitir o teste das possibilidades práticas do mesmo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Crítica

A presente crítica busca analisar as situações pertinentes observadas, de modo a permitir a exposição de dúvidas e contradições existentes nas mesmas.

5.1.1. Dialética da sustentabilidade

A busca pelo desenvolvimento sustentável se apresenta como uma mudança cultural necessária da sociedade atual. Este momento pode ser interpretado sob a ótica da dialética histórica. O modelo atual de desenvolvimento da nossa civilização, baseado em consumo crescente de energia e recursos naturais e consequente aumento da geração de resíduos, apresenta-se como uma tese afirmativa. Esta tese é negada pelo esgotamento dos recursos energéticos e naturais e pela mudança climática (antítese). Do conflito destas duas situações, faz-se necessária a busca de uma síntese que contenha elementos da tese e da antítese.

A negação (situação ambiental) da afirmação (consumismo) implica em se parar o consumo de recursos e energia, e a emissão de poluentes. A transformação através da negação da afirmação é inadequada para solução do problema: nossa sociedade não pode simplesmente parar de consumir. Além disso, as consequências do modelo atual podem ter se tornado irreversíveis, fato que a ciência denomina de “*point of no return*” ou ponto de não retorno (UNITED NATIONS, 1997).

Portanto, são necessárias novas ações, uma mudança dialética, onde através da negação da negação, se alcance uma nova situação, que suprime e contém, ao mesmo tempo, elementos da tese e antítese. A negação da tese e antítese, ou dupla negação, se torna uma proposição positiva superior, uma nova tese. Tese que não é simplesmente a soma das características do consumismo e da situação ambiental, e sim um novo modelo de desenvolvimento da sociedade autodinâmica, que mude o paradigma atual. A busca pelo

entendimento do novo modelo de desenvolvimento sustentável passa pela compreensão do modelo de consumo atual e de nossa situação ambiental.

5.1.2. Abordagem sistêmica do ambiente construído.

A busca de teorias de desenvolvimento sustentável trouxe para os diversos setores da sociedade e da economia, conceitos do pensamento ecológico. Um dos principais é o de pensar globalmente e agir localmente (Agenda 21-UNCED, 1992). Este conceito contribui para o entendimento da sustentabilidade como um processo holístico, em que participam vários processos que, usualmente, não são vistos de forma integrada. No desenvolvimento sustentável é necessário que se busque respostas para o processo como o todo. Uma abordagem global permite esta necessária interrelação e integração de processos de natureza completamente diferentes.

Para o entendimento das implicações de uma abordagem holística da nossa sociedade, pode-se utilizar a Teoria Geral de Sistemas (BERTALANFFY, 1975). De acordo com esta, a sociedade é analisada a partir de sistemas que são classificados quanto à sua constituição em sistemas físicos ou sistemas abstratos, e quanto à sua natureza em sistemas abertos e sistemas fechados.

Os sistemas físicos ou concretos são aqueles compostos de equipamentos, de maquinaria, de objetos e coisas reais, como os materiais, os edifícios, e o ambiente construído.

Os sistemas abstratos ou conceituais são aqueles compostos por conceitos, planos, hipóteses e idéias. A própria sustentabilidade, a gestão e as atribuições de valores como a qualidade e a estética, são exemplos de sistemas abstratos.

Um empreendimento em construção civil é um sistema abstrato e aberto na etapa de projeto, um sistema físico fechado durante sua atividade de construção e um sistema físico aberto durante seu uso. Considerando todo o ciclo de vida do empreendimento, ele é um sistema aberto.

Atualmente na construção civil, os sistemas de gestão, independente das atribuições de valores como garantia da qualidade, de qualidade total ou de outros, buscam caracterizar

sistemicamente todo o processo de um empreendimento. O resultado do empreendimento é o edifício, que é entendido como o produto de um processo que utiliza um conjunto de dados de entrada e que, ao final do mesmo, deve garantir como dados de saída um grupo de soluções que respondem às necessidades dos clientes internos e externos. Os sistemas de gestão trabalham a partir de fatos e dados.

Os principais dados de entrada do empreendimento são definidos na etapa de concepção e projeto. Para esta definição, as necessidades dos clientes são traduzidas em parâmetros. Dentro do processo do empreendimento, a realização do produto, ou seja, a construção do edifício, também é entendida como uma série de processos internos, com dados de entrada e de saída. Para o aprimoramento do processo e das definições, os sistemas de gestão utilizam ferramentas de análise crítica durante o mesmo. Também são utilizadas ferramentas de validação para se verificar a adequação do edifício realizado em relação aos parâmetros definidos, e para verificação de possíveis modificações necessárias (figura 11).

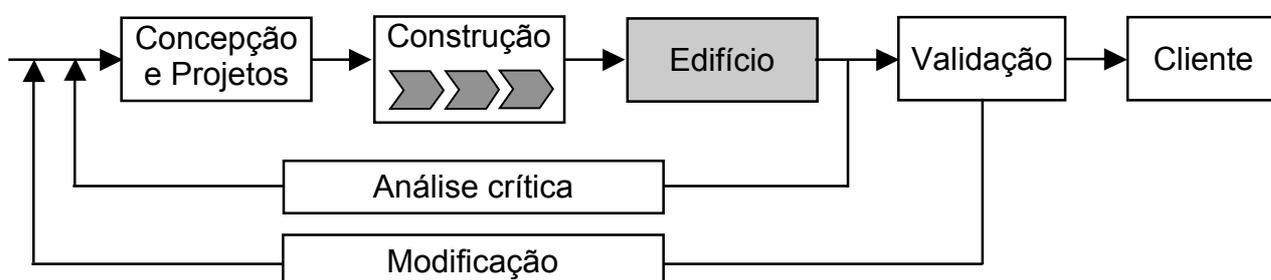


Figura 11 - Representação da produção de um edifício (adaptado de MELHADO, 1999).

Nessa situação, os sistemas de gestão buscam transformar o processo produtivo de um empreendimento em construção civil em uma lógica de sistema fechado. O processo é abordado considerando as relações, internas ou externas, diretas e claras ao mesmo, diminuindo a variabilidade do sistema. As entradas e saídas são conhecidas e controladas, visando tornar o processo previsível como um sistema fechado. A abordagem fechada facilita a redução da complexidade do sistema, mas limita as considerações indiretas e tênues do processo holístico. Dessa maneira a inserção da sustentabilidade nos empreendimentos também apresentaria a lógica de um sistema fechado.

O conceito e compreensão da construção sustentável é um sistema complexo. Portanto, ocorre que diferentes pessoas percebem, interpretam e compreendem a construção sustentável reduzindo sua complexidade. Com isso, são levadas a perceberem somente os elementos inconscientemente escolhidos para interpretação, não percebendo outros elementos importantes no sistema complexo. As relações dentro do sistema também não são percebidas, e a síntese é prejudicada.

5.1.3. Inserção horizontal da sustentabilidade.

Para análise da inserção da sustentabilidade nos empreendimentos é necessário definir as fases do mesmo. Os empreendimentos de construção civil possuem um ciclo de vida que abrange as seguintes fases:

- idealização;
- concepção;
- projetos;
- construção;
- uso e manutenção;
- final de vida útil.

Dentre as fases, as de uso, operação e manutenção da edificação apresentam o maior impacto nas questões abordadas pela sustentabilidade (TAIPLE, 2007 e CEOTTO,2008). As figuras 12 e 13 mostram de forma comparativa o uso de energia e os gastos envolvidos durante o ciclo de vida da edificação, respectivamente. Constata-se que com o consumo de energia e os gastos com as edificações ocorrem principalmente durante a fase de uso e manutenção.

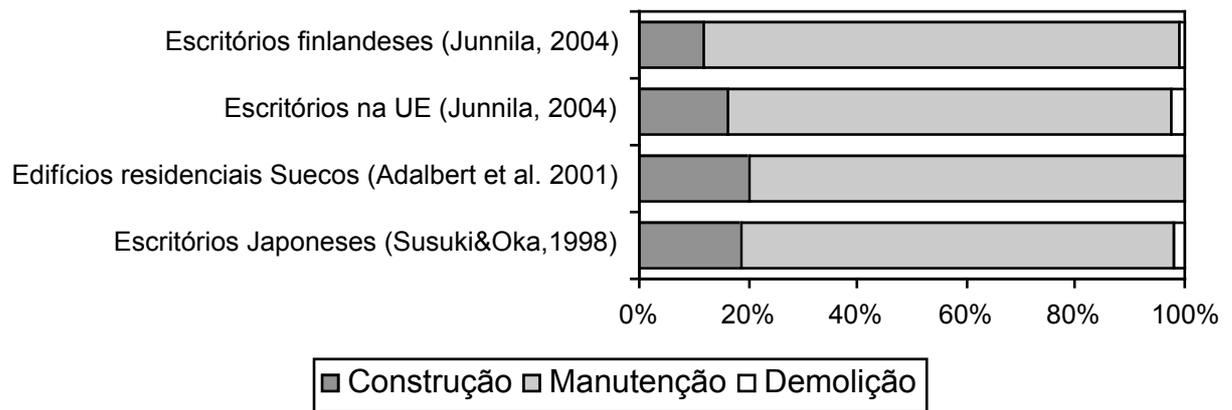


Figura 12 - Consumo de energia no ciclo de vida de edifícios - *Building and Climate Change*, UNEP. (TAIPALE, 2007).

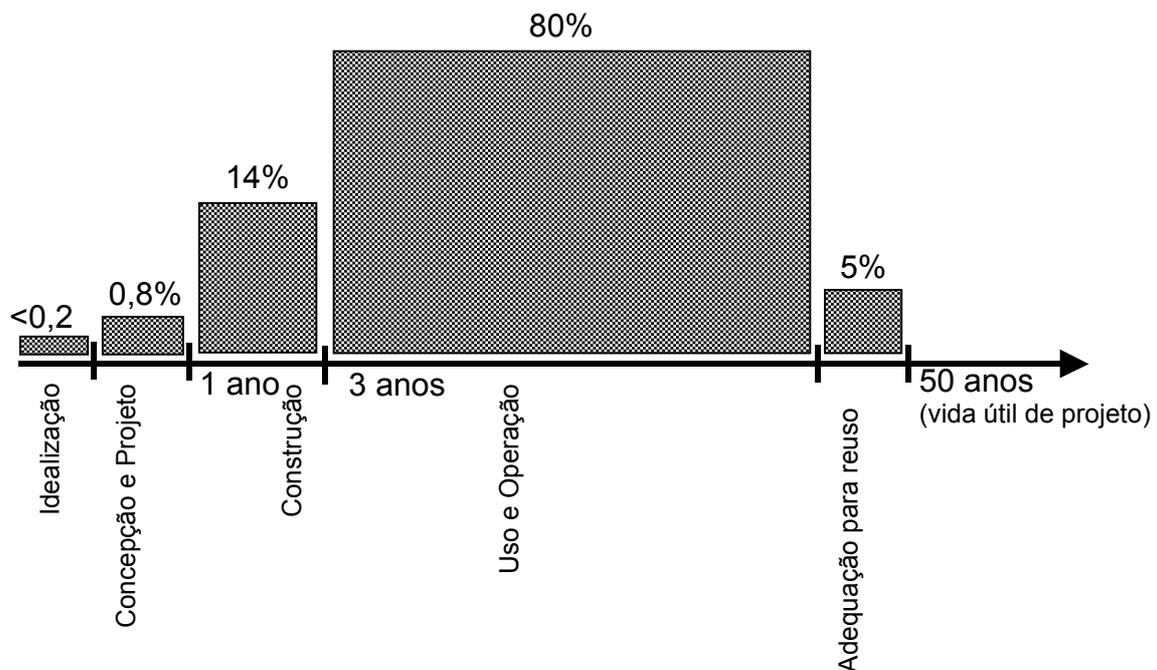


Figura 13 - Custo percentual nas fases do ciclo de vida de um edifício comercial em 50 anos (CEOTTO, 2008).

Apesar dos maiores impactos ocorrerem nas fases de uso e manutenção, a maior possibilidade de intervenção no desempenho durante essas fases ocorre nas fases de idealização, concepção e projeto (CRAVEN, 2006). Dessa forma ao se priorizar a inserção de estratégias de sustentabilidade nas fases de idealização, concepção e projeto

de uma edificação, ter-se-á potencialmente uma edificação com melhor desempenho e o com menor custo para implantação de estratégias sustentáveis (figura 14).

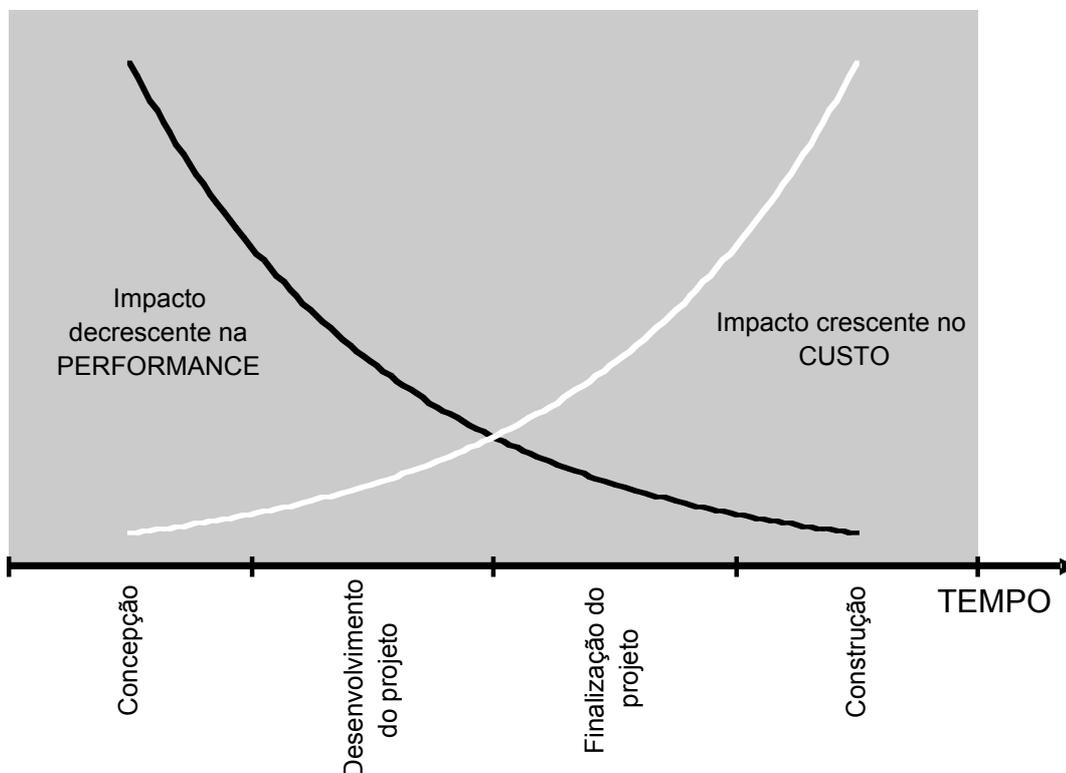


Figura 14 - Influência de modificações nas fases de concepção, projeto e construção no desempenho e custo de um empreendimento (Adaptado de CRAVEN, 2006).

A fase de idealização define as características da concepção do empreendimento. A fase de concepção determina os requisitos de projeto. A fase de projeto transforma os requisitos em características específicas, ou seja, na especificação do edifício, através de um conjunto de processos (ABNT, 1995). A fase de construção se baseia nas especificações e características definidas pelo projeto, podendo também ser entendida como uma série de processos.

Pode-se considerar que, dentro de um processo de produção do edifício, as relações sequenciais e condicionantes possuem uma inserção vertical e que as relações paralelas e com interações possuem uma inserção horizontal. No processo de produção de um edifício, as relações que vão da idealização à realização dos projetos, passando pela concepção, ocorrem de forma vertical, enquanto as relações entre os diversos projetos ocorrem de maneira horizontal (figura 15).

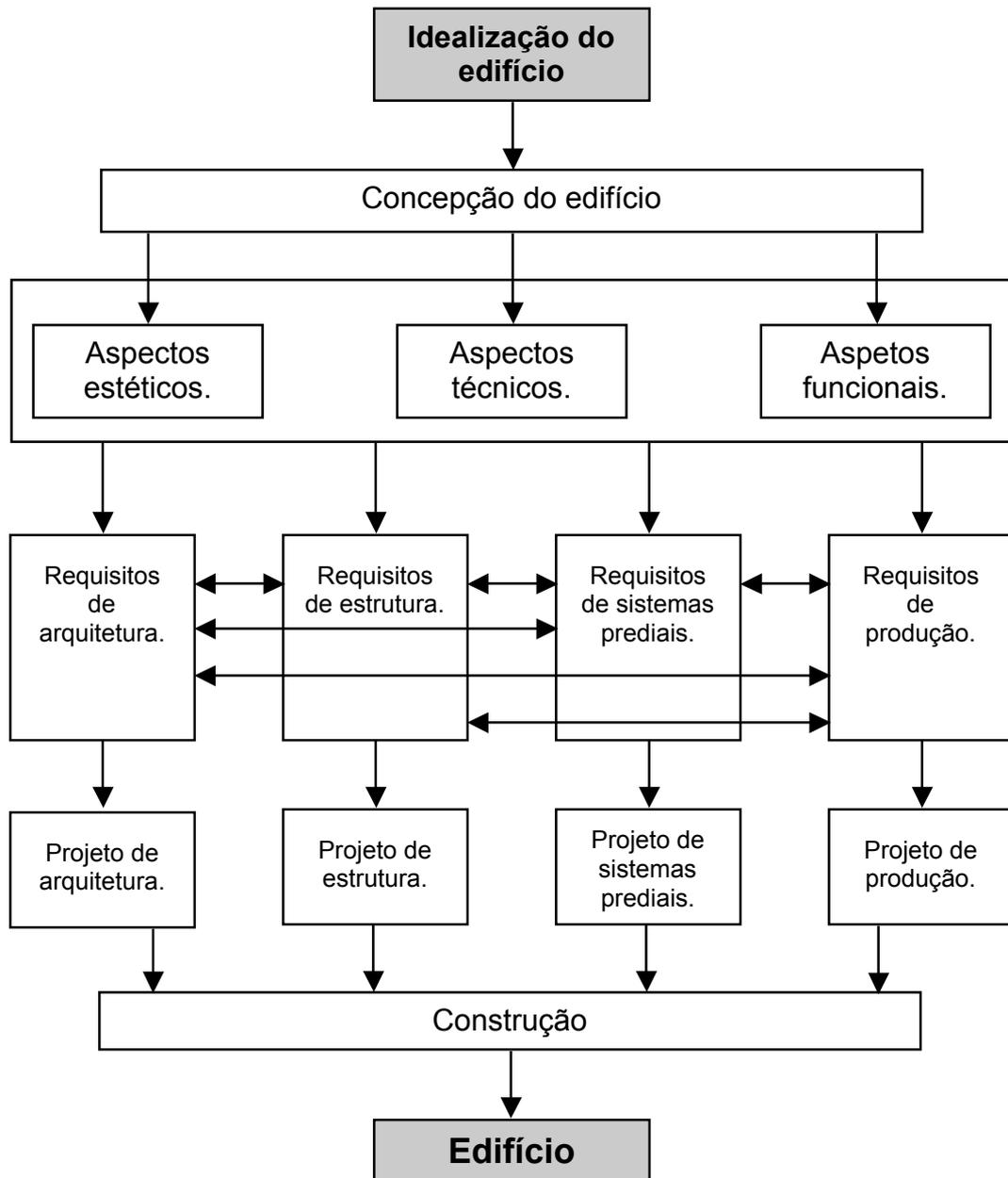


Figura 15 - Relações no processo de produção de um edifício.

Em várias etapas do processo de produção de um edifício, este recebe entrada de produtos e serviços oriundos de outras empresas (figura 16). O desempenho final da edificação vai ser caracterizado também pelo desempenho desses.

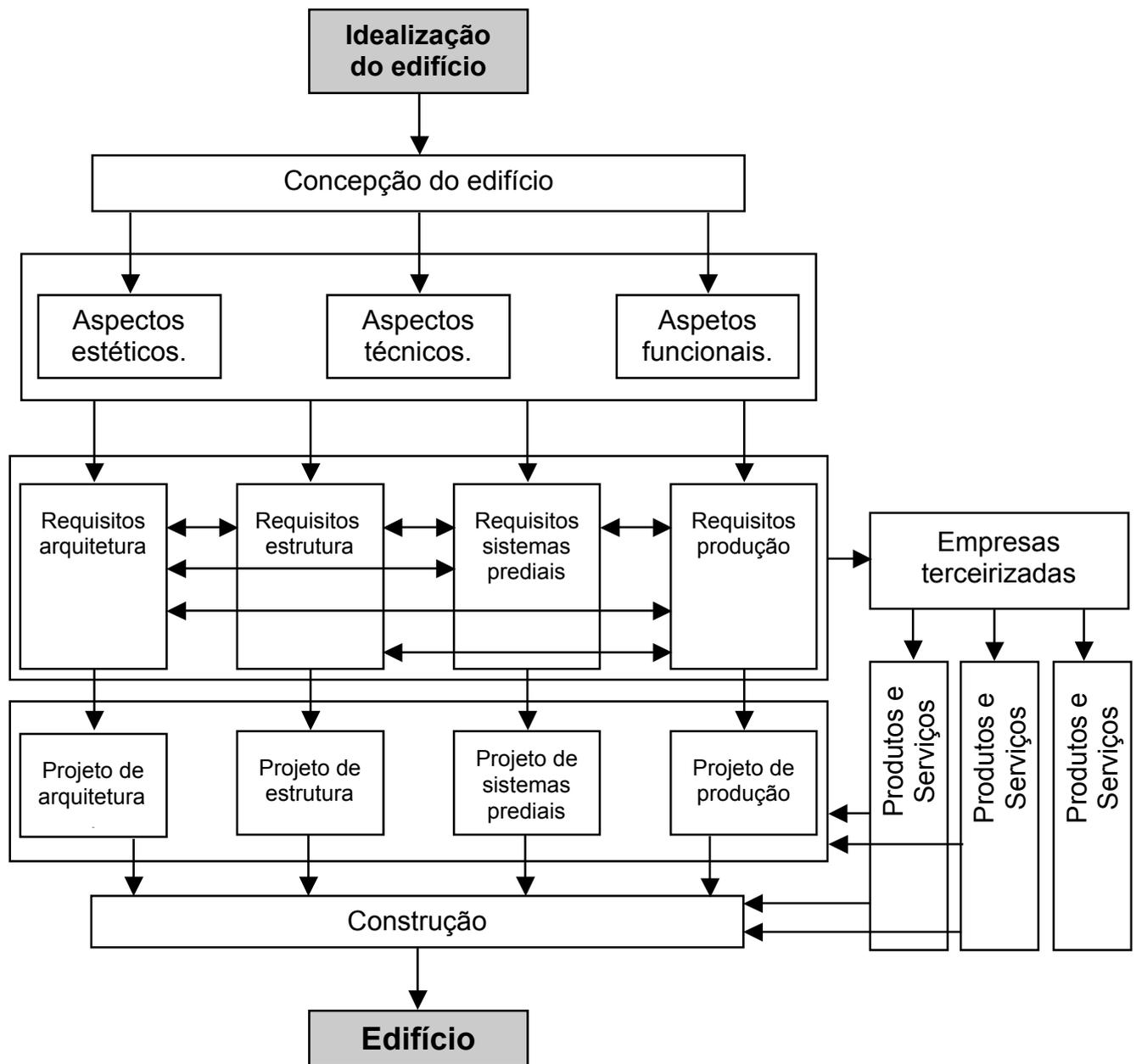


Figura 16 - Entrada de produtos e serviços de terceiros no processo de produção de um edifício.

Na construção civil, a sustentabilidade vem comumente sendo entendida a partir de duas ações:

- incorporação de requisitos de sustentabilidade nos requisitos de desempenho e de qualidade do empreendimento, sendo a sustentabilidade percebida principalmente como um aspecto ambiental do mesmo;

- obtenção de uma certificação verde para a edificação, como as fornecidas pelas ferramentas LEED e AQUA, sendo que essas certificações dão ênfase principalmente à dimensão ambiental da sustentabilidade.

Nesta situação, a sustentabilidade é inserida como um requisito de desempenho e qualidade, ou requisito de uma certificação. A inserção acontece na etapa de definição dos demais requisitos de projetos do edifício, de forma paralela e simultânea, ou seja, interagindo com estes. Vista como resultado de um requisito de desempenho e qualidade ou resultado de uma certificação, a sustentabilidade é posicionada de forma horizontal no processo. Dessa forma, a sustentabilidade fica restrita às atividades dessa etapa do processo, e resulta de aspectos de planejamento das mesmas, não atuando nas fases de idealização e concepção do empreendimento (figura 17).

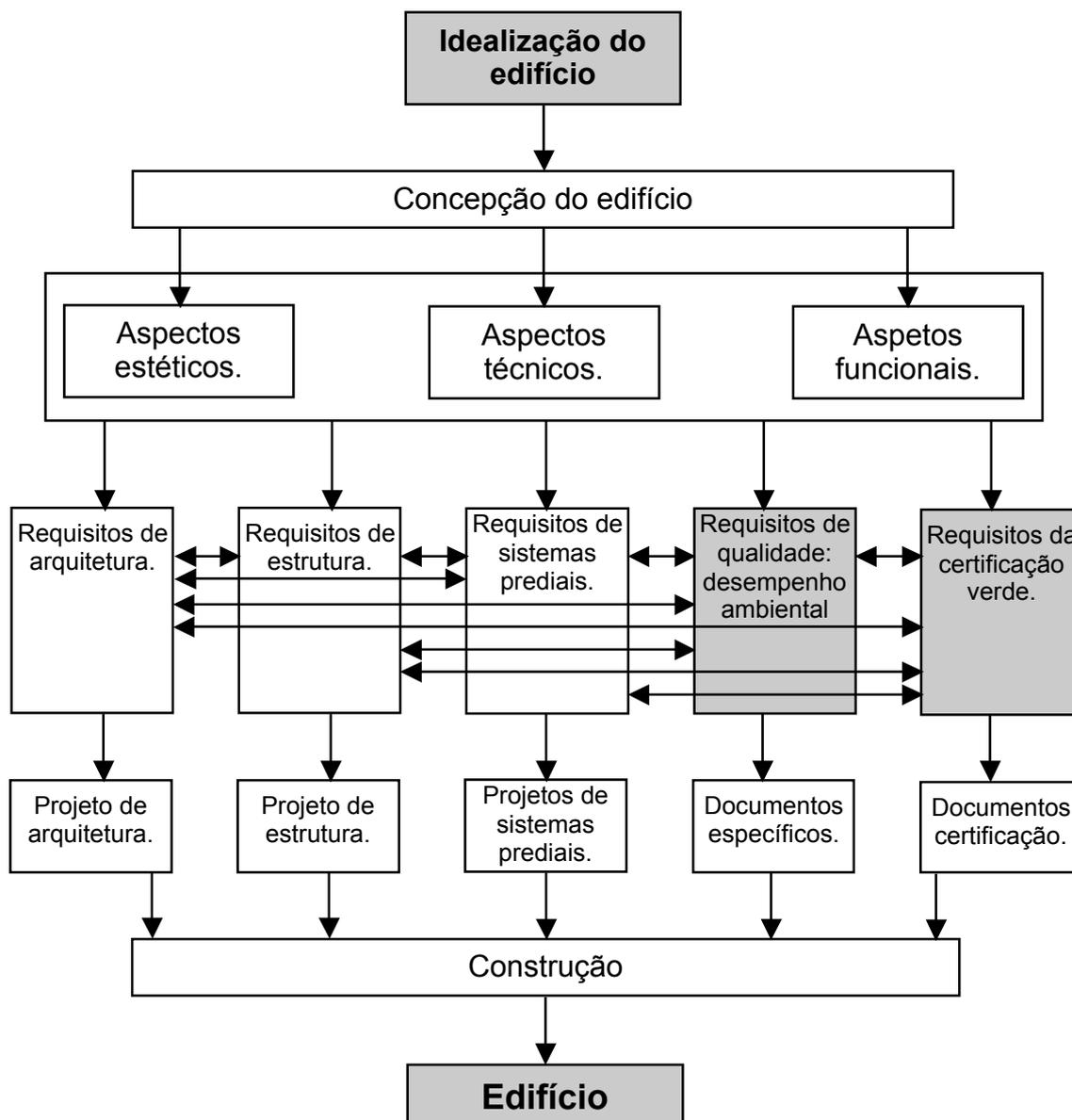


Figura 17 - Inserção horizontal da sustentabilidade.

A inserção da sustentabilidade no empreendimento através de requisitos de desempenho e de qualidade condiciona a sustentabilidade para respostas e práticas previstas por estes. Geralmente os requisitos de desempenho e de qualidade têm como referência as legislações existentes. Desta maneira a sustentabilidade adquire aspectos legislativos, que elimina as piores práticas, mas não incentiva as práticas de excelência, ou seja, aquelas que vão além do obrigatório.

Também quando inserida com uma certificação verde, a sustentabilidade fica condicionada à respostas e práticas consideradas e previstas pela mesma. Porém, deve

ser ressaltado que os sistemas de certificação verde desenvolvem importante papel na divulgação de várias boas práticas. Esta divulgação ocorre tanto para setor de construção civil quanto para entendimento e reconhecimento pela sociedade. As certificações verdes são referências claras para terceiros de algumas boas práticas de sustentabilidade.

Além disto, a sustentabilidade posicionada horizontalmente no processo apresenta dificuldade de julgamento amplo das práticas e processos de empresas terceirizadas, levando a uma tendência de limitar a escolha de produtos e serviços destes a um item que atenda um requisito específico (figura 18).

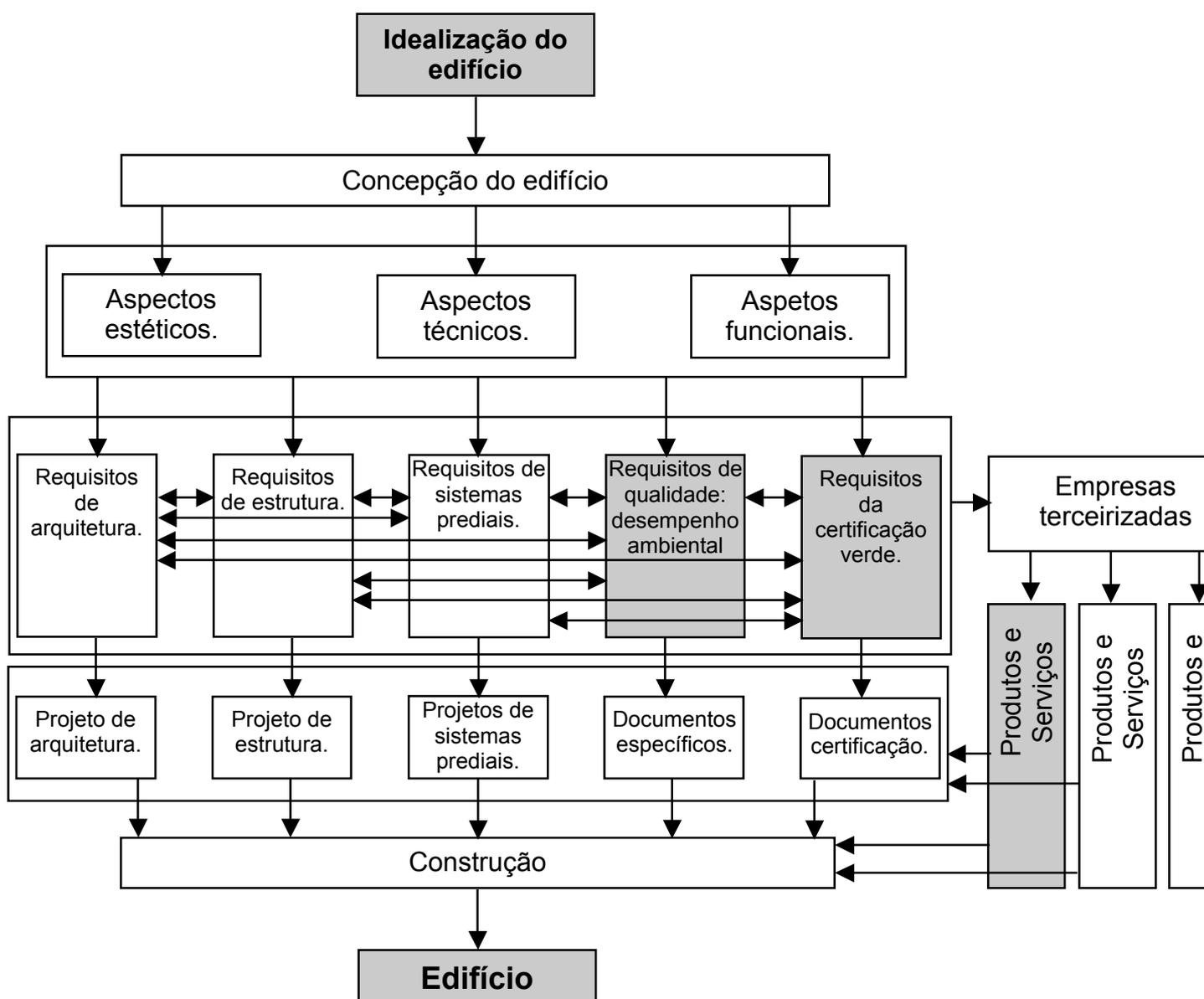


Figura 18 - Produtos e serviços de terceiros na inserção horizontal da sustentabilidade.

Os requisitos de sustentabilidade inseridos horizontalmente estão ligados às etapas de definição e elaboração dos projetos, e se resumem a uma discussão entre os agentes atuantes nos mesmos. Desta maneira, a sustentabilidade tem fraca contribuição e atuação para uma mudança cultural da estrutura organizacional do empreendimento e do setor como um todo (quadro 6).

Fase do empreendimento	Pessoas envolvidas	Possibilidade de influência cultural da inserção horizontal da sustentabilidade
Idealização	Proprietário.	Fraca
Concepção	Empreendedor. Estrutura administrativa.	
Projetos	Projetistas. Estrutura técnica. Produtos e serviços terceirizados.	Forte
Construção	Equipe de obras. Produtos e serviços terceirizados.	
Uso	Usuários.	Fraca

Quadro 6 - Influência da inserção horizontal da sustentabilidade na estrutura pessoal e setor.

Mesmo com limitações, a inserção horizontal da sustentabilidade leva à busca por melhores resultados. Uma das possibilidades de termos melhores resultados, é a utilização de ferramentas de gestão que contribuam para uma melhor interação das relações paralelas e simultâneas nessa etapa do processo do empreendimento. Entre essas ferramentas pode-se citar os sistemas formais de informação, o projeto enxuto, os ambientes colaborativos e a tecnologia de Modelo de Informação para Construção ou BIM (*Building Information Modeling*). No entanto, uma inserção horizontal da sustentabilidade fica aquém das possibilidades de uma inserção ampla da sustentabilidade no empreendimento.

5.2. Síntese

A síntese proposta busca considerar as afirmações das situações analisadas criticamente e considerar as negações destas pelos conceitos de sustentabilidade inferidos a partir da revisão bibliográfica.

5.2.1. Verticalidade

Quando se busca inserir a sustentabilidade em um empreendimento, é necessário estar atento aos aspectos fundamentais que dizem respeito a ela. Um destes aspectos é a busca de novos conhecimentos, de novos paradigmas. Ao se inserir horizontalmente a sustentabilidade como um ou mais requisitos, ela fica restrita a uma resposta a estes. A sustentabilidade adquire características de planejamento para o cumprimento desses requisitos, sendo limitada apenas a aspectos de gestão. A sustentabilidade perde sua característica fundamental de busca de novos paradigmas e, portanto, não garante necessariamente uma sustentabilidade do empreendimento. Um texto de Gary Hamel exemplifica a diferença entre apenas planejar e a busca por uma descoberta:

“O problema fundamental das empresas atualmente é o fato de não distinguirem entre planejar e "estrategizar". Planejar tem que ver com programar, não com descobrir. Planejar é para tecnocratas, não para sonhadores. Dar aos planejadores a responsabilidade de criar a estratégia é como pedir a um pedreiro que crie a Pietà de Michelangelo” (HAMEL, 1996)

Uma busca por descobertas, ou seja, por novos paradigmas, deve estar relacionada a aspectos de estratégia de um empreendimento. A estratégia do empreendimento vai definir os aspectos da idealização do empreendimento. E, a partir da idealização, o planejamento e gestão do empreendimento estarão condicionados para a sustentabilidade. Requisitos de desempenho, de qualidade e de certificações podem e devem considerar aspectos da sustentabilidade, mas, ao se pensar no empreendimento, a sustentabilidade deve ir além de um mero cumprimento de requisitos e evitar metas delimitadas por aspectos de planejamento.

Outro aspecto fundamental é a condição da sustentabilidade como busca de um novo modelo de desenvolvimento, ou seja, uma mudança cultural. A atividade de um empreendimento é agente participante do nosso modelo de desenvolvimento. Essa atividade é realizada por sua estrutura organizacional. Na sustentabilidade, toda a estrutura organizacional de um empreendimento deve estar na busca de um novo modelo de desenvolvimento e deve ser comprometida com uma mudança cultural. A estrutura organizacional é agente atuante em toda a sociedade, portanto suas atividades devem

transcender as atividades diretas do empreendimento. Com isso, o compromisso, a motivação e o desenvolvimento de competência pela sustentabilidade devem estar presentes em toda a estrutura organizacional de um empreendimento, transcendendo as atividades do mesmo para construção de uma sociedade melhor.

A sustentabilidade deve ir além da inserção horizontal no processo. Ela deve ser parte da estratégia do empreendimento, precedendo a idealização e concepção do edifício. A sustentabilidade deve ser inserida verticalmente ao processo, de modo que seus conceitos estejam presentes em todas as fases do mesmo, inclusive nas empresas terceirizadas (figura 19).

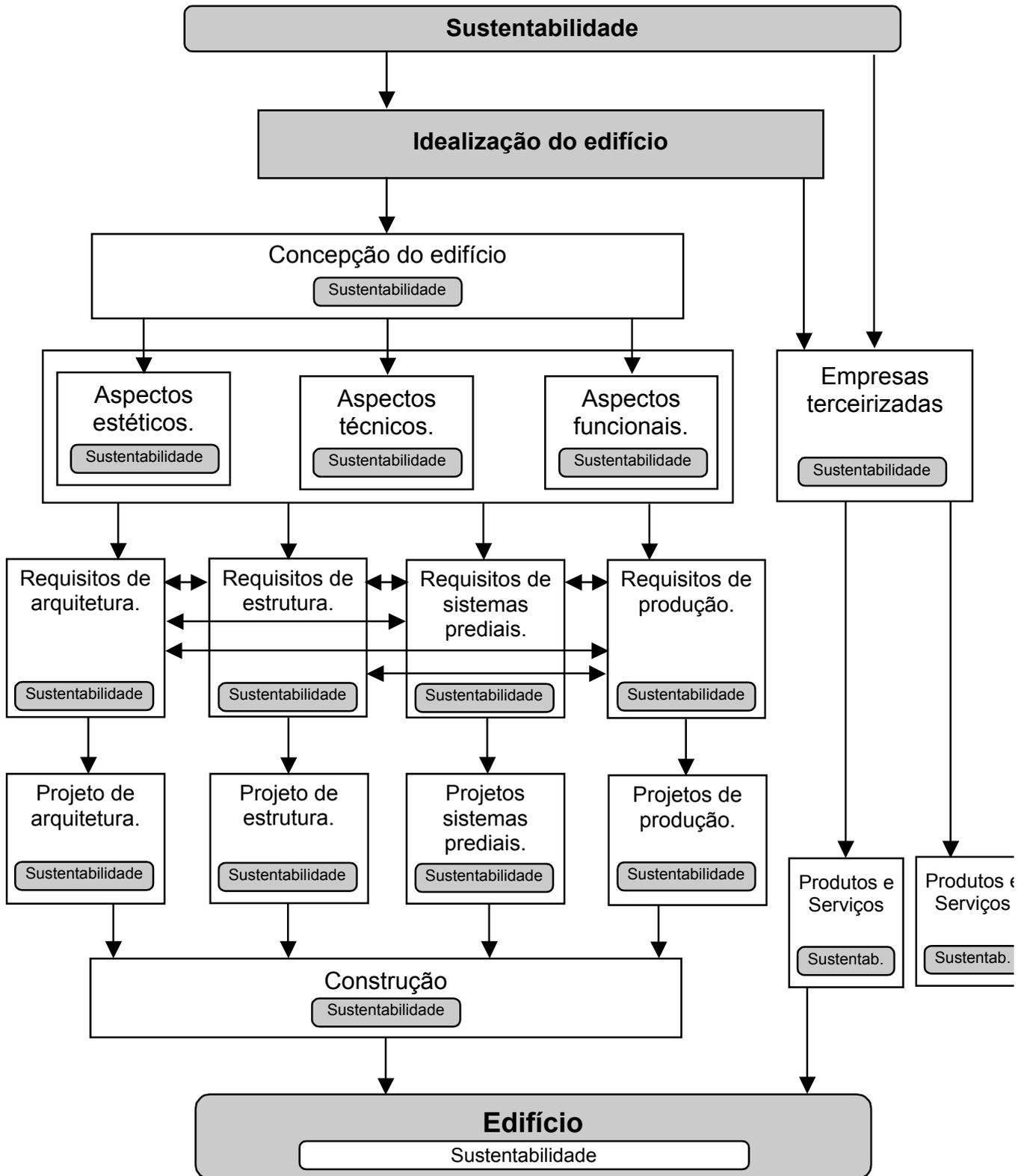


Figura 19 - Inserção vertical da sustentabilidade.

Estando presente em todas as fases do empreendimento, a sustentabilidade tem forte capacidade de atuação na mudança cultural de todas as pessoas envolvidas no empreendimento (quadro 7).

Fase do empreendimento	Pessoas envolvidas	Possibilidade de influência cultural da inserção vertical da sustentabilidade
Idealização	Proprietário.	FORTE
Concepção	Empreendedor. Estrutura administrativa. Empresas terceirizadas.	
	Projetistas.	
Projetos	Estrutura técnica. Produtos e serviços terceirizados.	
Construção	Equipe de obras. Produto e serviços terceirizados.	
	Usuários.	

Quadro 7 - Influência da inserção vertical da sustentabilidade na estrutura pessoal e setor.

A sustentabilidade inserida como busca estratégica de um empreendimento e como compromisso, motivação e competência transcendental de toda sua estrutura organizacional e pessoas envolvidas se apresenta como mudança cultural. Deste modo ela é coerente com esse seu aspecto fundamental.

A partir da definição da inserção e posicionamento da sustentabilidade, pode-se entender a visão com que o empreendimento dever ser organizado sistematicamente.

5.2.2. Sistema complexo e aberto

Na inserção da sustentabilidade em um empreendimento de construção civil, a edificação deve ser entendida como um objeto e um produto que troca continuamente informações e matéria durante todo seu ciclo de vida. Além disto, as estratégias de sustentabilidade na construção civil são ações locais, pontuais, mas a influência dessas ações deve ser global, holística, considerando seu papel junto com os demais agentes do nosso modelo de desenvolvimento e sociedade. Na sustentabilidade, todos os processos são sistemas complexos, dinâmicos e abertos.

Ao se promover interações do processo do empreendimento com outros de mesma natureza e com processos estranhos ao mesmo, se contribui para as considerações diretas e indiretas, claras e tênues, e para a visão holística do mesmo. Uma das maneiras de promoção de interações é através do contato entre todo o processo do

empreendimento com centros de pesquisa e tecnologia em edificações. Estas entidades contribuem para inserir no processo dados externos ao mesmo, indo de encontro às características de sistema aberto da sustentabilidade.

Os centros de pesquisa em edificações devem envolver várias empresas do setor de construção civil. O envolvimento das empresas deve abranger toda sua estrutura organizacional, contribuindo na mudança cultural necessária. Participando das pesquisas, os empreendimentos poderiam inserir dados de outros empreendimentos no seu processo, considerando o *benchmarking*.

Estes centros também devem envolver assuntos multidisciplinares de forma a considerar as diversas interações da complexidade do empreendimento. O debate e pesquisas em conjunto de assuntos como meio ambiente, legislações, economia e sociedade, incluindo a participação de setores sociais, permitem uma melhor compreensão das características de sustentabilidade necessárias para o empreendimento. Dessa forma, o desenvolvimento do empreendimento passaria a contar com dados internos do mesmo e dados externos a esses, ou seja, seria coerente com sua natureza de sistema aberto (figura 17).



Figura 20 - Centro de pesquisa e tecnologia nas edificações.

O *Building Research Establishment* ou BRE, localizado na Inglaterra, é um exemplo de centro de pesquisas em edificações. O BRE é resultado de uma iniciativa inglesa de criar um centro especializado em consultoria, testes e certificação, baseada em pesquisas acadêmicas, atuando em edificações, construção, energia, meio-ambiente e segurança.

Uma vez que a inserção da sustentabilidade ocorra de maneira vertical e aberta, esta deve garantir que as considerações inseridas sejam coerentes com seu aspecto fundamental de busca de novos paradigmas nas práticas dos empreendimentos. Deste modo, o processo criativo das considerações da sustentabilidade deve ser compreendido.

5.2.3. Processo criativo inventivo dialético.

A inserção da sustentabilidade em empreendimentos de construção civil deve acontecer de forma vertical e aberta. Ela deve buscar novos paradigmas nas práticas dos mesmos. Os novos paradigmas devem considerar as práticas atuais, e as necessidades de mudança devido a suas restrições e impactos. Com isso o processo de busca de sustentabilidade apresenta características dialéticas.

A busca de novos paradigmas acontece dentro do processo criativo do empreendimento. O processo criativo abrange as fases de estratégia, idealização e concepção dos mesmos. A partir de uma base científica ou de uma base tecnológica, são apropriados conhecimentos para definição das características do empreendimento. No processo criativo com base científica, o produto é desenvolvido a partir de um conhecimento básico, com posterior desenvolvimento e aplicação de uma tecnologia e que leva à geração do mesmo. Esses processos são essencialmente inventivos, ou seja, são investigações de busca de novos saberes científicos. Já nos processos criativos com base tecnológica, os conhecimentos são apropriados a partir de uma tecnologia disponível. Dentro do processo criativo de um edifício, a engenharia e a arquitetura são aplicações de tecnologias criadas a partir de um conhecimento básico, ou seja, a partir de um saber científico, para gerar o mesmo como produto (figura 21).

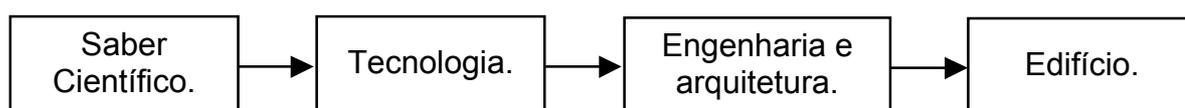


Figura 21 - Representação do processo criativo de um edifício (Adaptado de LONGO, 1998).

Na construção civil, de modo geral, a evolução de seus processos de produção acontecem a partir da disponibilidade de uma tecnologia e de novas formas de aplicação da tecnologia, caracterizando um processo criativo de natureza inovativa incremental ou prática. O processo inovativo incremental busca novas práticas nas dimensões tecnológicas e de engenharia-arquitetura (figura 22).

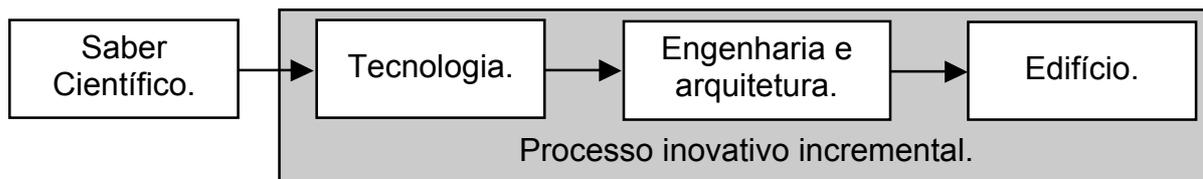


Figura 22 - Processo inovativo-tecnológico de um edifício (Adaptado de LONGO, 1998).

Na sustentabilidade, a maioria das questões trazidas ainda não possui conhecimento consolidado. E muitas vezes, as necessidades de mudança impostas exigem soluções ainda não conhecidas, o que traz a abordagem inventiva para o processo. Uma vez considerados os novos conhecimentos, o processo criativo da sustentabilidade passa por uma síntese destes novos conhecimentos com os conhecimentos usuais.

Para isto, as respostas às questões da sustentabilidade devem partir de pesquisas de conhecimento básico. Com isso, as estratégias de sustentabilidade vão além de uma busca inovativa-tecnológica, sendo necessária uma busca inventiva. Por isso, também na construção civil, as estratégias de sustentabilidade devem considerar pesquisas e conhecimentos científicos, ou seja, também devem ser uma busca inventiva (figura 23).

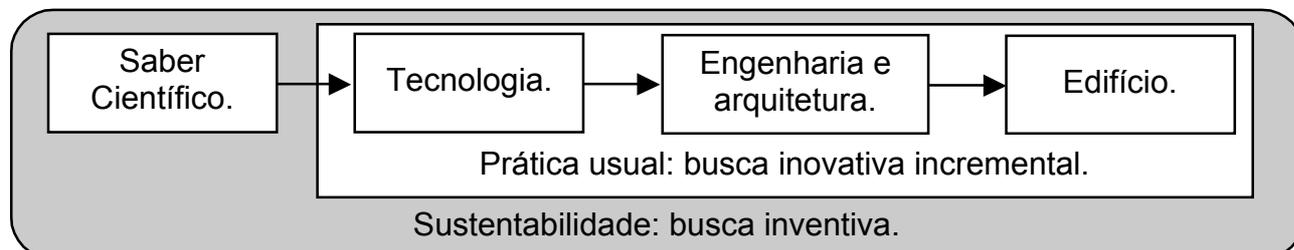


Figura 23 - Processo criativo para sustentabilidade (Adaptado de LONGO, 1998).

Uma vez que possui natureza inventiva, o foco na busca pela sustentabilidade deve estar na invenção e não na inovação incremental, invertendo a atual evolução dos conhecimentos e meios de produção, que caminham da invenção para a inovação (LONGO, 1998, LEMOS, 1999).

Os empreendimentos devem buscar uma abordagem inventiva em seu processo através da consideração de dados de entidades promotoras de conhecimento. As universidades são os principais meios de promoção de conhecimento. Ações práticas de aproximação de empresas e universidades são importantes para o sucesso dos resultados criativos para a sustentabilidade. Essa aproximação poderia ocorrer dentro de um modelo de centro de pesquisas em edificações, que teria a participação conjunta de empresas de

construção civil e de pesquisadores acadêmicos. Desta maneira os centros de pesquisas se tornariam agentes de criação de novas tecnologias a partir de novas idéias. Os empreendimentos considerariam novas idéias e o desenvolvimento de tecnologias nas fases de estratégia, idealização e concepção do mesmo (figura 24).

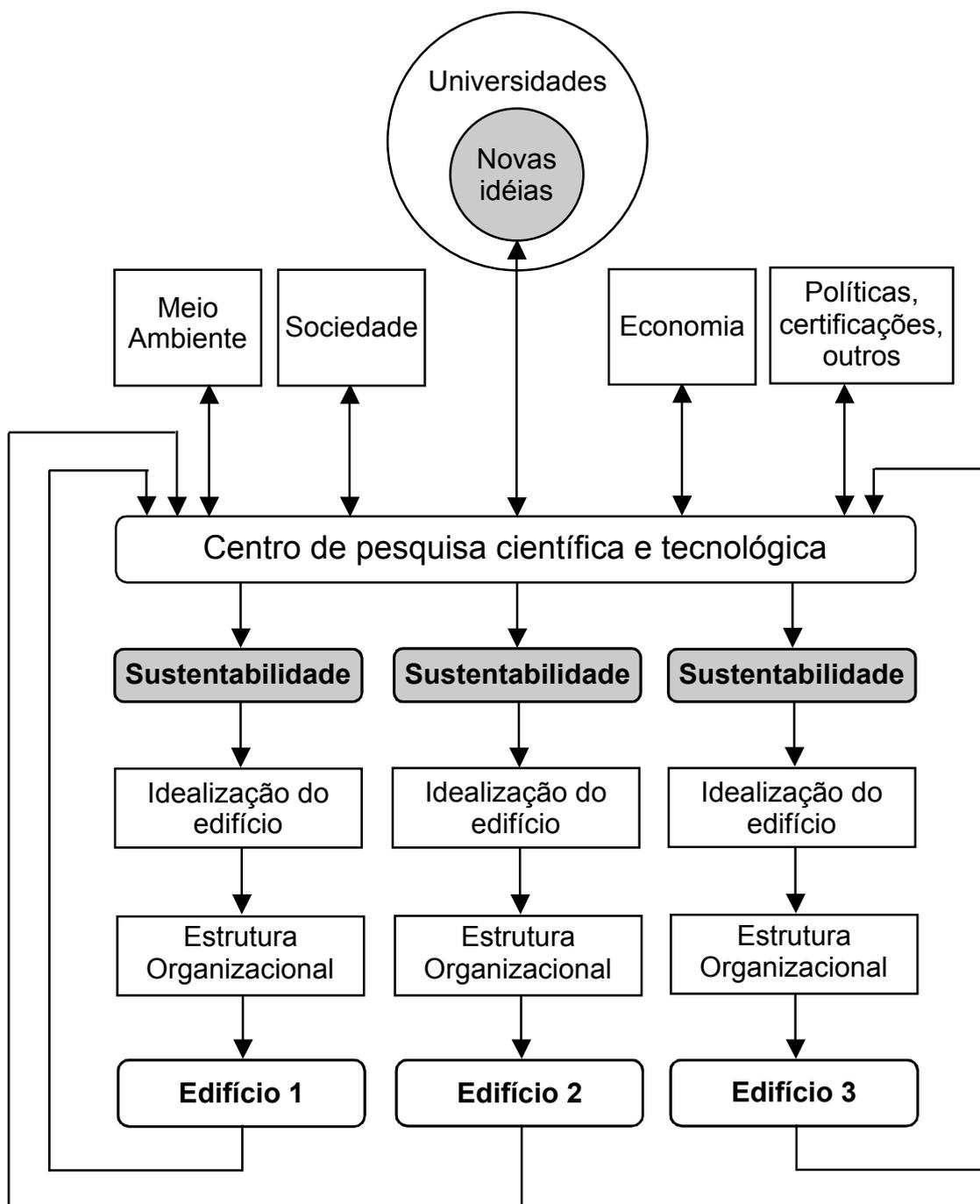


Figura 24 - Representação de um centro de pesquisa científica e tecnológica em edificações.

5.3. Modelo de Política e Gestão

Uma vez ciente da natureza inventiva, dialética e aberta da sustentabilidade e de sua inserção vertical no processo do empreendimento, a organização e planejamento da incorporação dessa no mesmo deve ser coerente com estes conceitos. A incorporação da sustentabilidade no empreendimento será aqui denominada de Política de Sustentabilidade do mesmo. A organização e o planejamento da Política de Sustentabilidade serão denominados como Gestão para Sustentabilidade.

Para a definição das características do modelo a ser proposto, pode-se analisar os modelos usuais de políticas e gestão utilizados nos empreendimentos de construção civil. O conhecimento de possíveis interações entre os modelos usuais e um modelo proposto permite uma síntese com melhores resultados.

Usualmente, as pessoas envolvidas na política e na gestão de um empreendimento em construção civil abrange o proprietário e/ou empreendedor, a estrutura administrativa, os projetistas e a equipe de obra. A política do empreendimento (aqui também entendida como estratégia do mesmo) é definida pelos proprietários e empreendedores. A partir dessa estratégia, o empreendimento é idealizado e, baseado nesta idealização, os projetistas concebem e definem nos projetos os resultados esperados para o mesmo. O resultado do empreendimento, o edifício, é realizado pela equipe de obras. Esta realização tem como referência os projetos. A gestão busca aperfeiçoar o processo para melhores resultados.

5.3.1. Características do modelo.

Um modelo de Gestão para Sustentabilidade deve partir da premissa de uma inserção vertical no processo, ou seja, de que a Política de Sustentabilidade deve ser parte da estratégia do empreendimento.

De modo semelhante, quando um empreendimento adota a Qualidade Total, os quesitos da Qualidade Total também devem fazer parte da estratégia do empreendimento. Por isso, antes da definição de um modelo de Política e Gestão para Sustentabilidade, é importante fazer algumas considerações sobre a aparentemente similaridade entre a

inserção vertical da sustentabilidade defendida neste trabalho e a forma que a Qualidade Total é adotada. A princípio, essa aparente similaridade poderia nos levar a pensarem incorporar a Política de Sustentabilidade como um dos quesitos da Qualidade Total (figura 25).

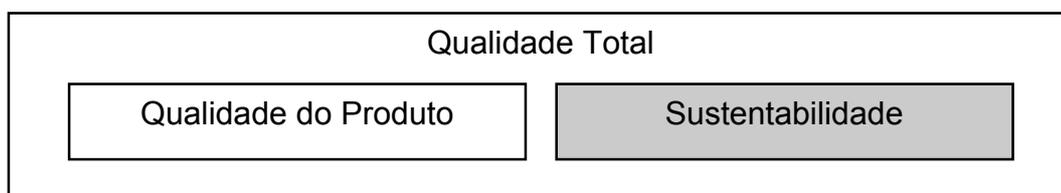


Figura 25 - Sustentabilidade como quesito da Qualidade Total.

Desta maneira, a Política de Sustentabilidade também estaria desempenhando um papel na estratégia do empreendimento. Porém, deve ficar claro que a sustentabilidade é um conceito de valor excludente enquanto a Qualidade Total apresenta proposta de caráter incluyente. A sustentabilidade, por sua característica dialética de novo modelo de desenvolvimento, passa necessariamente por uma síntese entre uma tese e uma antítese que vai incluir e excluir as mesmas. Nela a síntese para novas práticas coerentes como um novo paradigma é prioritária sobre as teses afirmativas das práticas do empreendimento. Algumas características afirmativas de práticas de alguns empreendimentos são incompatíveis com uma síntese que considere a sua negação pela sustentabilidade. Com isso, muitas práticas devem ser excluídas da síntese da sustentabilidade.

A Qualidade Total tem como meta, gerar valor e satisfazer, da melhor maneira possível, o cliente do empreendimento (DEMING, 1990; FEIGENBAUM, 1951; JURAN, 1991; ISHIKAWA, 1993). Para isto, não propõe uma negação das teses afirmativas das práticas do empreendimento e sim, propõe adequar as atividades do mesmo para as melhores práticas possíveis. Deste modo, a Qualidade Total pode ser incluída em qualquer empreendimento. A fabricação de cigarros, por exemplo, pode incorporar valores de Qualidade Total, mas não pode incorporar valores de sustentabilidade.

A relação entre Qualidade Total e sustentabilidade apresenta maior coerência quando esta é posicionada como um dos requisitos da sustentabilidade (figura 26). Um empreendimento que busca a sustentabilidade deve prever em sua estratégia a

incorporação de valores de Qualidade Total. Uma vez considerando as afirmações da Qualidade Total na busca dialética de uma síntese da sustentabilidade, pode-se utilizar várias ferramentas de gestão para Qualidade Total na gestão para sustentabilidade do empreendimento.

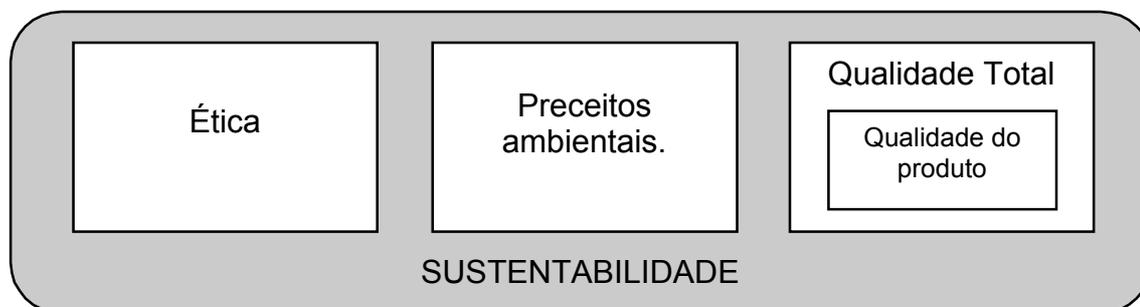


Figura 26 - Requisitos da sustentabilidade.

A estratégia do modelo de Política e Gestão para Sustentabilidade proposto leva os conceitos de sustentabilidade para as fases de idealização e concepção do empreendimento, buscando resultados através de processos criativos inventivos. O modelo considera uma mudança cultural pelo mesmo, através a participação de toda estrutura envolvida no empreendimento. Considera ainda, a inclusão de dados externos ao empreendimento.

Para apresentação da proposta de um modelo foi considerada uma empresa de empreendimentos em construção civil hipotética. Esta empresa foi concebida como atuante principalmente em empreendimentos residenciais nos padrões de custo alto, médio e baixo. Ela desenvolveria as atividades de idealização, concepção, definição dos requisitos de projeto e a atividade de construção dos edifícios. A atividade elaboração de projetos seria desenvolvida por terceiros, uma vez que esta é a prática usual do mercado brasileiro.

Para o modelo também foi considerado a existência de um centro de pesquisas e tecnologia em edificações. Este centro teria participação de pesquisadores acadêmicos e profissionais de mercado como arquitetos e engenheiros civis. Ele desenvolveria atividades de pesquisa, extensão e formação. As atividades de pesquisas desenvolvidas seriam:

- organização e consolidação dos conceitos;
- desenvolvimento de novos saberes;

- estudo crítico das tecnologias existentes;
- desenvolvimento de novas tecnologias: gestão, eficiência energética, uso da água, materiais;
- estudo crítico das legislações e certificações.

A organização do centro permitiria que os resultados das atividades de pesquisa fossem difundidos e fossem disponibilizados através das atividades de extensão e formação (figura 27).

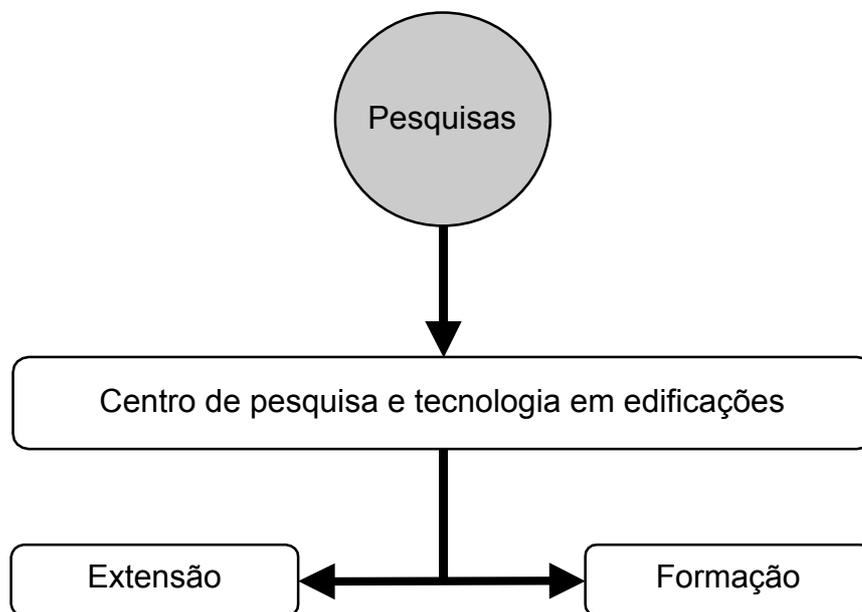


Figura 27 - Atividades do centro de pesquisa em edificações.

O principal objetivo do modelo proposto é inserir conceitos de sustentabilidade na cultura da empresa hipotética, de forma harmônica com suas práticas e coerente com a mudança cultural buscada pela sociedade atual. O modelo considera sua incorporação flexível nos vários empreendimentos da empresa. Para isto ele contempla uma inserção ampla e sistemática da sustentabilidade a partir das definições de estratégias adequadas para uma realidade pretendida, através de discussão entre os agentes pertinentes, internos e externos a empresa aos empreendimentos. Como principal agente externo foi definido o centro de pesquisa em edificações. Em um segundo momento, o modelo prevê a capacitação e qualificação da estrutura organizacional da empresa e dos empreendimentos nas metas definidas.

No modelo, a atuação junto à estratégia da empresa e dos empreendimentos é definida pela Política de Sustentabilidade. Através desta política, o modelo prevê a atuação sobre a gestão e estrutura organizacional da empresa e dos empreendimentos (figura 28).

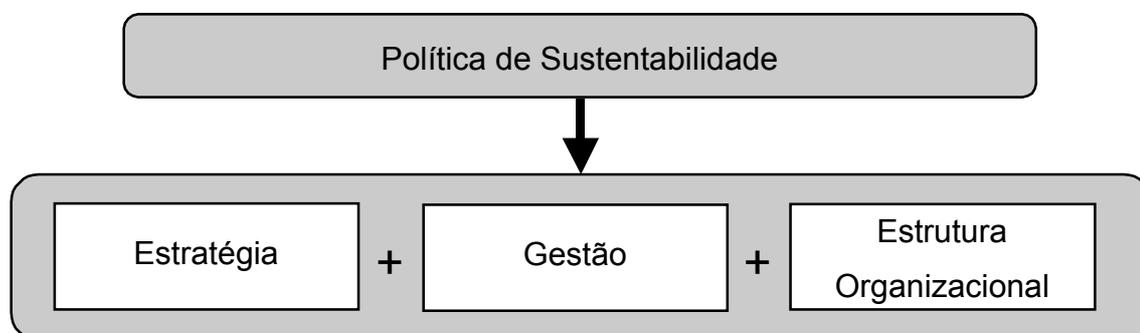


Figura 28 - Atuação da política de sustentabilidade.

Os objetivos da atuação junto à definição de estratégia seriam:

- elaborar um texto para a política de sustentabilidade;
- escolher das metas por tipologia e padrões de edificações.

Para estas atividades seria previsto o envolvimento da diretoria da empresa e uma equipe técnica. Na equipe técnica participariam os agentes da própria empresa e a equipe de sustentabilidade do centro de pesquisa em edificações. As definições do texto e das metas ocorreriam a partir de reuniões entre a diretoria e a equipe técnica.

Os objetivos da atuação sobre a gestão seriam:

- organizar a implantação a política de sustentabilidade;
- informar e difundir a política de sustentabilidade.

Das atividades de elaboração da gestão participariam a equipe técnica, interna e externa, a equipe de projetos interna, a equipe de obras e os fornecedores de projetos, serviços, materiais e componentes e também, os clientes. Para se alcançar os objetivos da gestão seriam utilizados veículos de comunicações internas e externas, desenvolvidos pelas equipes participantes e utilizados pelos mesmos.

A atuação na estrutura organizacional da empresa e dos empreendimentos teria os seguintes objetivos:

- conscientização e motivação dos agentes envolvidos;
- capacitação técnica dos agentes envolvidos em práticas sustentáveis.

Nestas atividades seria previsto o envolvimento da equipe de sustentabilidade do centro de pesquisa em edificações e da equipe de obras e fornecedores do empreendimento. A busca pelos objetivos se daria através da formação de pessoas.

Para melhor compreensão das características e objetivos gerais do modelo, o mesmo pode ser apresentado através de um escopo, no qual o modelo pode ser visualizado a partir de objetivo, ações e metas. Este escopo de atividades do modelo proposto é apresentado em três módulos.

Módulo 1

Objetivo:

- definir a Política de Sustentabilidade da empresa.

Ações:

- diagnóstico da situação atual da empresa em relação à sustentabilidade, através de reuniões semanais entre a equipe do centro de pesquisas em edificação e a equipe técnica da empresa;
- apresentação de conceitos, estratégias e novas tecnologias de sustentabilidade para empreendimentos de construção civil para a diretoria da empresa pela equipe do centro de pesquisas em edificações, através de reuniões;
- definição das características da política de sustentabilidade, adequada à realidade da empresa, através de reuniões semanais entre a equipe do centro de pesquisas em edificações e a diretoria da empresa;
- elaboração do texto da política de sustentabilidade da empresa, através de reuniões entre a equipe do centro de pesquisas em edificações.

Meta:

- manual de Política de Sustentabilidade.

Módulo 2

Objetivo:

- definir as práticas de sustentabilidade das atividades de projeto e construção, considerando a particularidade de um empreendimento.

Ações:

- levantamento das necessidades da equipe de projeto do empreendimento frente à política de sustentabilidade da empresa, através de reuniões entre a equipe do centro de pesquisas em edificações e a equipe de projetos do empreendimento;
- levantamento das necessidades da equipe de obras do empreendimento frente à política de sustentabilidade da empresa, através de reuniões entre a equipe do centro de pesquisas em edificações e a equipe de obras do empreendimento;
- levantamento das necessidades dos fornecedores do empreendimento frente à política de sustentabilidade da empresa, através de reuniões quinzenais entre a equipe do centro de pesquisas em edificações, os fornecedores e a equipe de projetos do empreendimento;
- elaboração do texto do manual de boas práticas em sustentabilidade do empreendimento, através de reuniões entre a equipe do centro de pesquisas em edificações.

Meta:

- manual de boas práticas em sustentabilidade do empreendimento.

Módulo 3

Objetivo:

- conscientizar os funcionários da empresa e funcionários e fornecedores do empreendimento para a sustentabilidade;
- motivar e capacitar tecnicamente os funcionários da empresa e funcionários e fornecedores do empreendimento para a política de sustentabilidade da empresa e para as boas práticas em sustentabilidade do empreendimento;
- divulgar a política de sustentabilidade para os funcionários da empresa;
- divulgar as boas práticas em sustentabilidade para os funcionários do empreendimento.

Ações:

- elaboração, pela equipe do centro de pesquisas em edificações, de palestras de motivação para os funcionários da empresa e dos empreendimentos;
- elaboração, pela equipe do centro de pesquisas em edificações, de palestras de divulgação da política de sustentabilidade da empresa para os funcionários da mesma e, funcionários e fornecedores do empreendimento;
- elaboração, pela equipe do centro de pesquisas em edificações, de cursos de capacitação em boas práticas em sustentabilidade para os funcionários e fornecedores dos empreendimentos;
- campanhas de divulgação externa, para os clientes e sociedade, da política de sustentabilidade da empresa, através das atividades de marketing da mesma.

Meta:

- cursos de motivação para sustentabilidade;
- cursos de capacitação técnica em boas práticas em sustentabilidade;
- canal de divulgação para clientes e sociedade da política de sustentabilidade da empresa.

Uma situação de especial interesse acontece no módulo 2 onde seriam selecionadas as boas práticas em sustentabilidade do empreendimentos. Para uma coerência com os conceitos dialéticos desenvolvidos neste trabalho, esta seleção deveria ocorrer a partir de um método também dialético.

5.3.2. Proposta de ferramenta de auxílio de decisões: seleção prioritária.

Para uma seleção através de um método dialético, pode ser desenvolvida uma ferramenta de seleção de ações e estratégias com esta característica. Uma ferramenta desse tipo foi proposta por CEOTTO (2008), sendo a síntese para a seleção feita através das considerações do impacto positivo no meio-ambiente e do baixo impacto nos custos (quadro 8).

		Alternativas de solução e seus impactos – Edifícios Residenciais		
		Impacto nos custos		
		Alto	Médio	Baixo
Impacto positivo no meio ambiente	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento total de esgoto. • Energia solar aquecimento de água. • Reciclagem água de banho e lavatório, uso em bacias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Metais sanitários de baixo consumo. • Medição individual de gás. • Medição individual água. • Tratamento superficial no piso das garagens. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retenção de águas chuvas. • Reserva e aproveitamento de água de chuva. • Lâmpadas de baixo consumo. • Peças sanitárias com baixa vazão lavatórios. • Separação lixo reciclagem.
	Médio	<ul style="list-style-type: none"> • Vidro laminado e tratamento das esquadrias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização da irrigação de áreas verdes. • Automação da iluminação nas áreas comuns. • Motores elevadores de frequência variável. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fachadas de cores claras. • Cobertura vegetal térreo. • Isolamento térmico de coberturas.
	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Isolação térmica de fachadas. • Uso de materiais locais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Automação de elevadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de madeira reciclada nos móveis e revestimentos. • Revestimentos de piso e paredes facilmente laváveis.

Quadro 8 - Ferramenta de análise e prioridade de ações práticas (CEOTTO, 2008)

Porém, seria interessante, dentro da ótica deste trabalho, que uma ferramenta de seleção para sustentabilidade possuísse característica dialética que levasse em conta as três dimensões mais relevantes da sustentabilidade: aspectos econômicos, ambientais e sociais. Deste modo, se pode posicionar as soluções relacionando seu desempenho nas três dimensões e então, priorizar aquelas que alcançassem uma síntese mais equilibrada.

Na ferramenta proposta se tem uma representação gráfica por escala de eixos, onde o desempenho em cada dimensão é definido por um dos eixos sendo o ponto único correspondente aos três desempenhos, aqui entendido com a síntese nas três dimensões da sustentabilidade, estaria posicionado tridimensionalmente. A comparação entre a síntese das soluções ocorreria, então, a partir deste posicionamento tridimensional (figura 29).

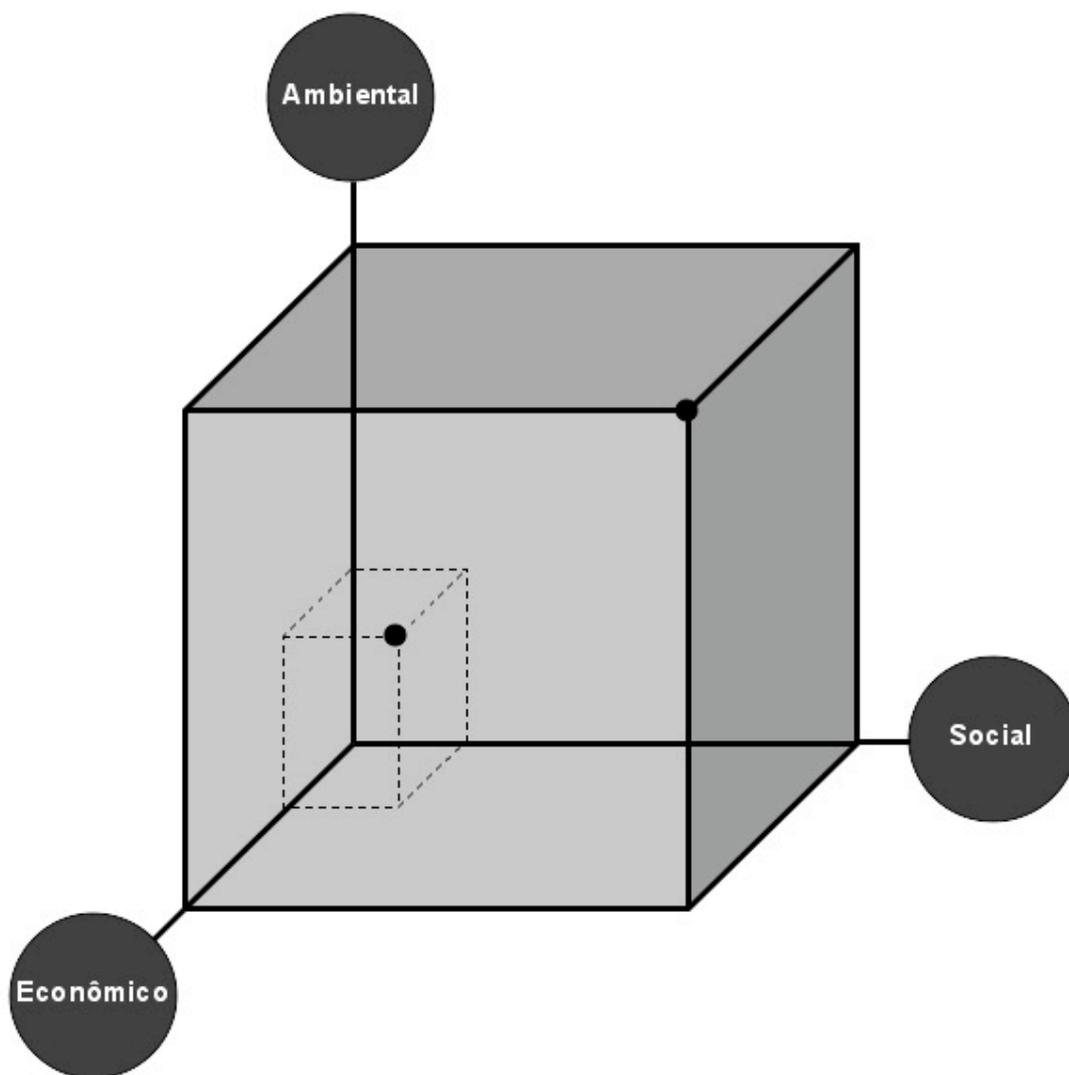


Figura 29 - Representação gráfica tridimensional dos aspectos econômico, ambiental e sócial.

A ferramenta proposta prevê que em cada dimensão da opção a ser analisada sejam considerados dois níveis de desempenho. Estes níveis representariam um desempenho considerado “padrão” e um considerado “superior”. As características e metas destes desempenhos seriam determinadas pelas boas práticas pretendidas. A figura 30 representa regiões relacionadas aos vários níveis de desempenho, em uma escala de cor.

A cor azul representa o desempenho padrão nas três dimensões; a cor laranja representa o desempenho padrão em duas dimensões, e superior em uma dimensão; a cor amarela representa desempenho padrão em uma dimensão e superior em duas dimensões; e a cor verde representa desempenho superior nas três dimensões.

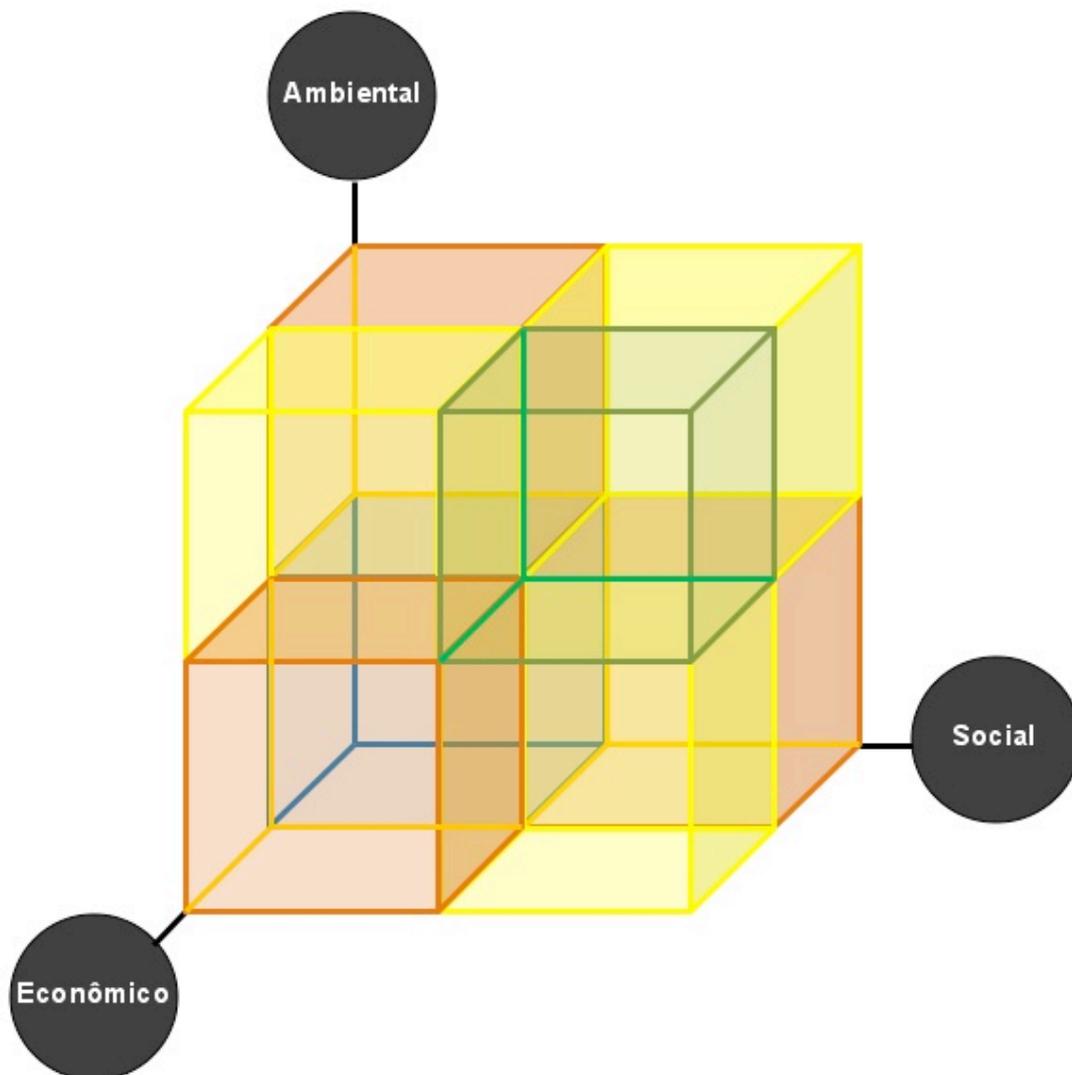


Figura 30 - Representação gráfica tridimensional considerando dois níveis de desempenho em cada dimensão.

Para melhor visualização, a ferramenta pode desenvolver uma representação bidimensional para os posicionamentos tridimensionais. Para maior entendimento, a figura 31 mostra a sequência da representação das dimensões até a uma apresentação final da ferramenta.

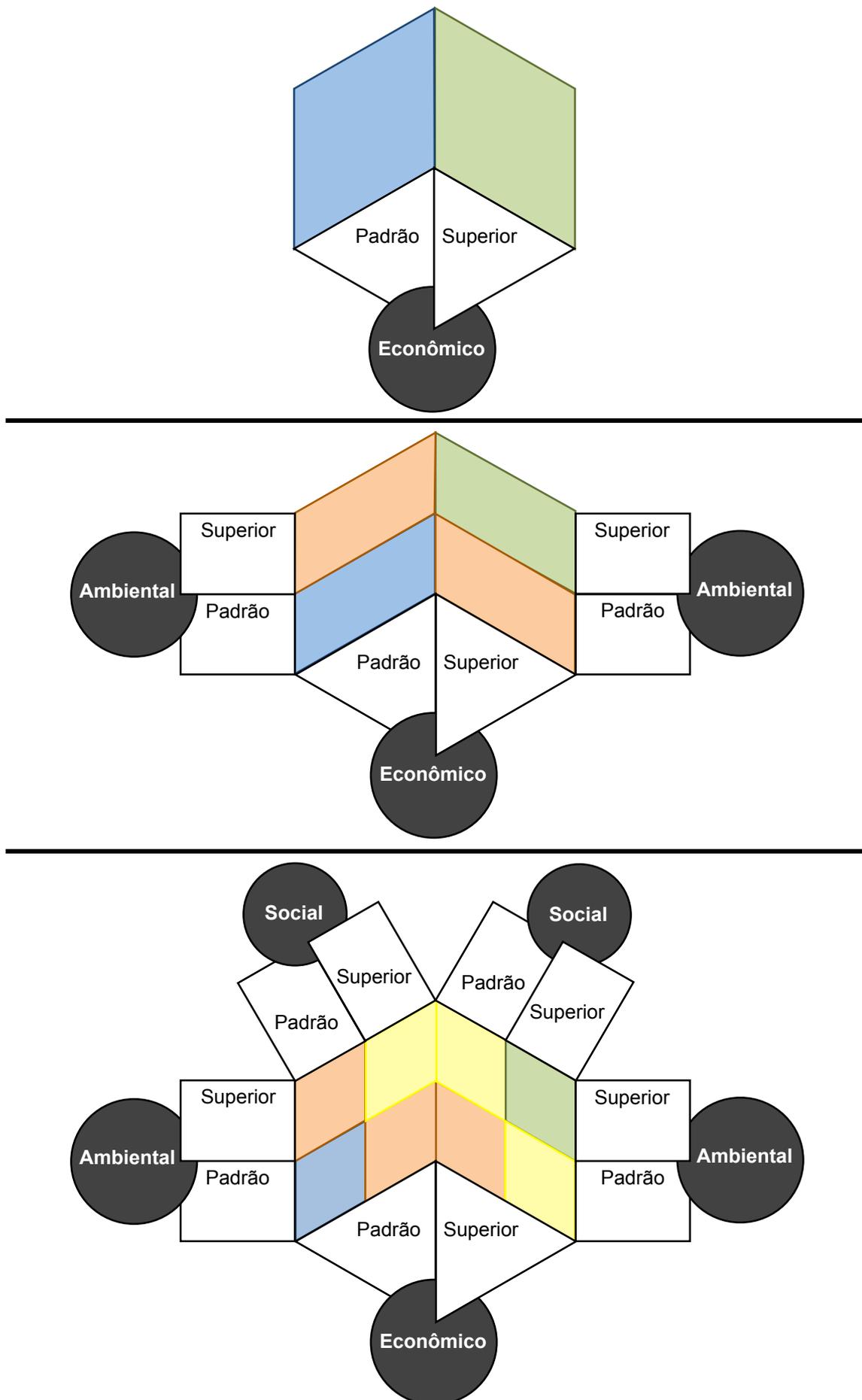


Figura 31 - Sequência de representação das dimensões da ferramenta.

Como exemplo de utilização da ferramenta, pode-se considerar uma situação hipotética onde é necessária a seleção de uma entre sete opções de materiais de construção para uma dada especificação. Nesta situação foi definido como desempenho na dimensão econômica, o custo do material ao longo do ciclo de vida do edifício. O nível de desempenho econômico “superior” será obtido pelas opções que apresentarem custo ao longo do ciclo de vida menor que a média de todas as opções, e o nível de desempenho “padrão” as opções com custo acima da média até um limite de 15% a mais desta. Na dimensão ambiental, foi definido como critério de desempenho, o total de emissões de CO₂ ao longo do ciclo de vida do material. Os materiais com emissões de até 50% da média de emissões de CO₂ de todos os materiais terão desempenho ambiental “superior” e os materiais com emissão entre 50 % abaixo da média e 50 % acima da média terão desempenho ambiental “padrão”. O critério de desempenho na dimensão social foi definido como a produção local. Os materiais produzidos em uma região de até 500 quilômetros do empreendimento terão o desempenho social “superior” e os materiais produzidos em regiões a mais de 500 quilômetros de distância terão o desempenho social “padrão”. As referências usadas no nível de desempenho “padrão” e no “superior”, para as três dimensões, são a título de exemplo, sem maiores considerações de valores e critérios adotados.

O desempenho hipotético dos materiais é apresentado no quadro 9.

MATERIAIS ANALISADOS						
Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Material F	Material G
Desempenho Econômico						
Desempenho inferior		Desempenho padrão		Desempenho superior		
Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Material F	Material G
Desempenho Ambiental						
Desempenho inferior		Desempenho padrão		Desempenho superior		
Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Material F	Material G
Desempenho Social						
			Desempenho padrão		Desempenho superior	
Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Material F	Material G

Quadro 9 - Dados de uma análise de materiais hipotéticos.

Os materiais A e G não atenderam o desempenho padrão definidos em uma das dimensões e, portanto, não serão selecionados. Para comparação do posicionamento dos demais materiais em relação à síntese nas três dimensões analisadas, estes são em um primeiro momento dispostos nos locais dos respectivos desempenhos em cada dimensão. Posteriormente, cada material é colocado no quadro que se relaciona aos três desempenhos (figura 32). Na figura 32 é sugerida também uma referência classificação das opções através de estrelas, em escala de zero a três, sendo zero a pior classificação, e três a melhor.

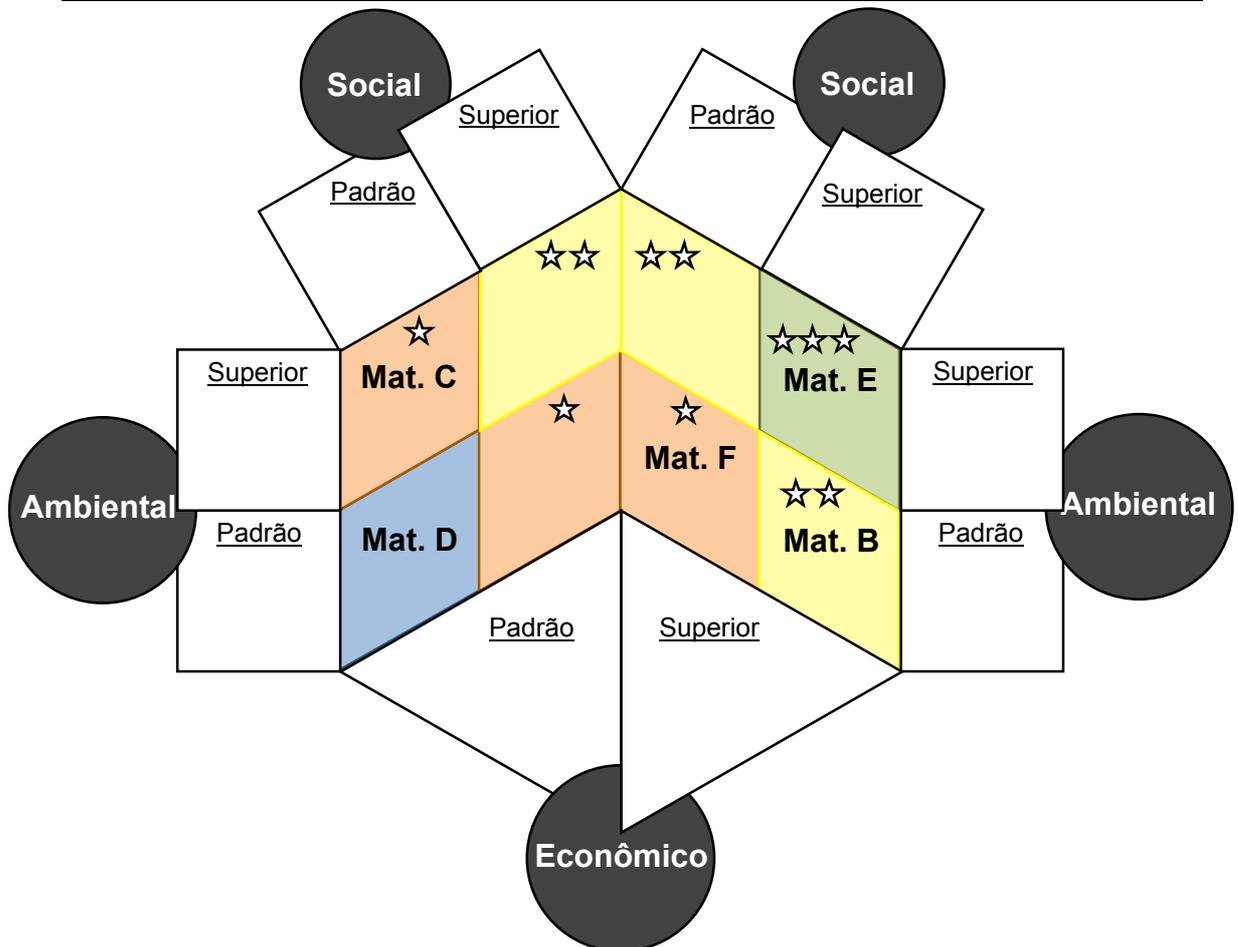
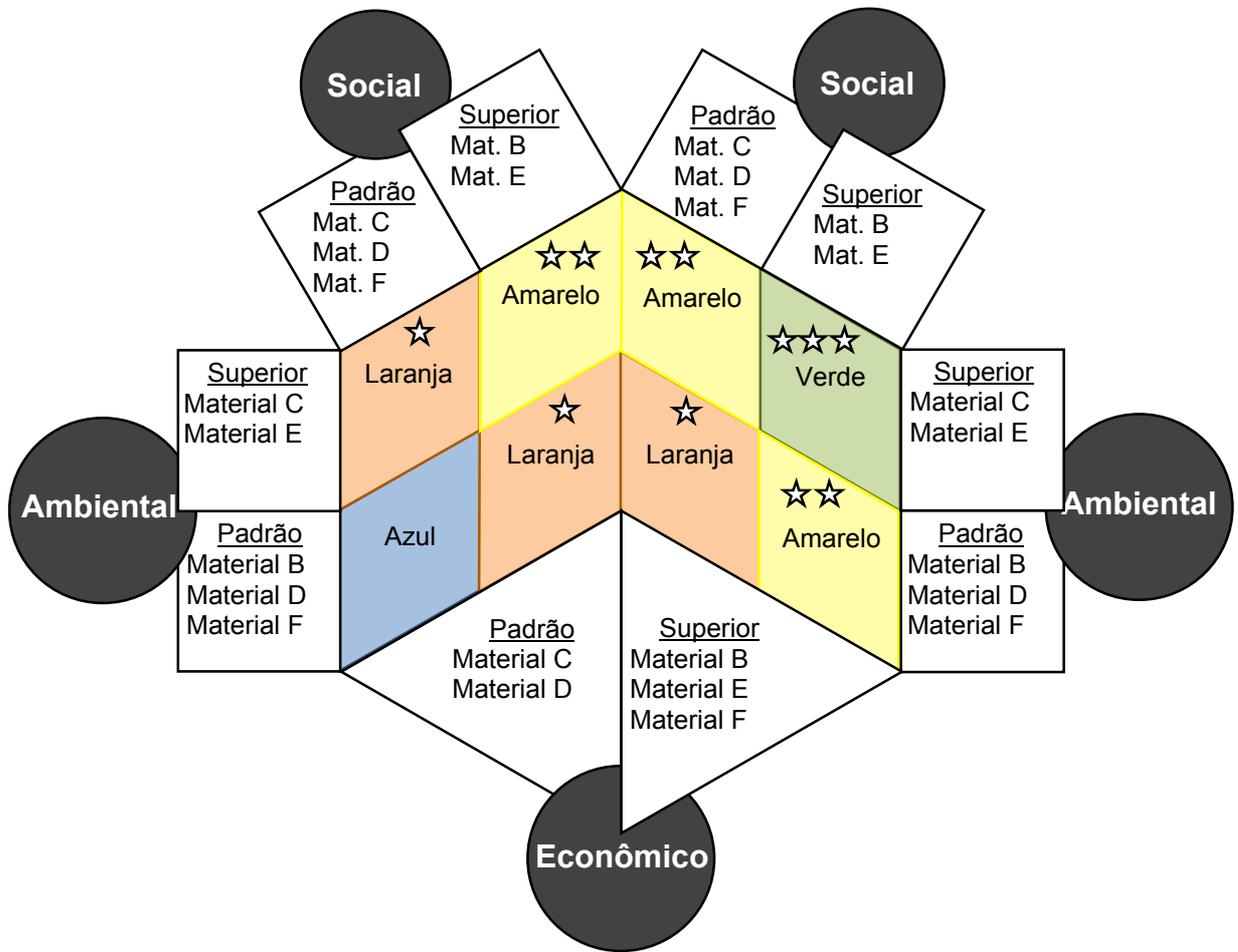


Figura 32 - Posicionamentos dos materiais na ferramenta.

Pela ferramenta proposta, a seleção do material consideraria a seguinte classificação da síntese de desempenho dos mesmos (quadro 10):

Verde ☆☆☆	Amarelo ☆☆	Laranja ☆	Azul
• Material E	• Material B	<ul style="list-style-type: none">• Material C• Material F	• Material D

Quadro 10 - Classificação final dos materiais.

6. CONCLUSÕES

O trabalho apresenta resultados condizentes com a hipótese inicial do trabalho.

A análise crítica mostra um julgamento que põe em dúvidas algumas afirmações da realidade dos empreendimentos de construção civil.

O conceito de sustentabilidade desenvolvido é coerente com uma resposta de síntese frente a as questões levantadas na análise crítica. Sua característica dialética aberta e inventiva mostra grande potencial para contribuição em novos conhecimentos da sustentabilidade e consequente aplicação prática. O conceito apresenta uma fundamentação teórica aparentemente sólida.

O modelo de política e gestão proposto, na qual a sustentabilidade se insere verticalmente e prioritariamente, se mostra condizente como uma resposta às hipóteses surgidas na síntese do conceito. Ele e sua ferramenta são válidos como uma primeira aproximação de intenção experimental, com grande potencial de serem testados ou falseados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERY, P. R. P. ; VIEIRA, M. P. C. **Dificuldades e Estratégias para Sustentação dos Programas de Garantia da Qualidade na Construção Civil Brasileira.** In: Simposio Iberoamericano sobre Calidad y Competitividad en las Construcciones, Cuba, 2002.

ANDERY, P. R. P. **Introdução à Gestão da Qualidade.** Notas de aula, 2008. 54p. Disponível em <<http://www.demc.ufmg.br/gestao/Qualidade%2001.pdf>>

ARAÚJO, M. R. M. Exclusão Social e Responsabilidade Social Empresarial **Psicologia em Estudo.** Maringá, v. 11, n. 2, p. 417-426, Mai/Ago 2006.

AGENDA 21 brasileira: ações prioritárias. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília : Ministério do Meio Ambiente, 2004. 158 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas.** Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575: Edifícios habitacionais até cinco pavimentos - Desempenho.** Rio de Janeiro, 2008.

BARE, J.; NORRIS, G.; PENNINGTON, D.; MCKONE, T. Traci, the Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impact. **Journal of Industrial Ecology.** v.6, n. 3-4, p. 49-78, 2003.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas: Francisco M. Guimarães.** 2. Ed. Petrópolis: Vozes, 1975. 351p.

BOLLMANN, C.; SCHEER, S.; STUMM, S. B. **Engenharia colaborativa: uma visão para a engenharia simultânea e o uso de ambientes colaborativos para arquitetura e engenharia civil.** In: Seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação. São Paulo, 2005.

BRE - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **BRE Environmental & Sustainability Standard**. 2008, 327p.

BRE - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **BREEAM FACT FILE**. Watford, v. 5, Out. 2007, 327p.

BRE - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **Ecohomes 2006 – The environmental rating for homes Pre Assessment Estimator – 2006 / 1.2**. Watford, Abr.2006, 11p.

BUENO, E. L., SERPA, P. T., SENA, R. B., OLIVEIRA, R. J. B. & SOEIRO, S. A responsabilidade social e o papel da comunicação. **Responsabilidade social das empresas: a contribuição das universidades**. São Paulo/Petópolis: Instituto Ethos, p.273-302, 2002.

BURNS, T. R., DEVILLE, P. Teorias dos Sistemas Dinâmicos: Teorizações sobre o capitalismo e a sua evolução **Sociologia, Problemas e Práticas**. n.50, p.11-44, Jan. 2006.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.

CARDOSO, F. F. **Certificação de Empreendimento Comercial de Elevado Desempenho Ambiental**. São Paulo, PCC-USP/CSTB, Abr. 2003.

CARDOSO, F. F. ; SILVA, V.G. ; MARTINS, M. C. R. **Certificação sustentável**. Construção&Negócios, São Paulo, p. 42 - 44, 2008.

CASSIDY, R. **White Paper on Sustainability – A Report on the Green Building Movement**. Building Design & Construction, Nov. 2003.

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, <http://www.cbcs.org.br/>, acessado dia 05/01/2009

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMEN – CSTB **Sustainable Building in France: a Progress Report** Report prepared for World SB08 Melbourne. In: World SB08 Melbourne, 2008. v.1. p.119-164.

CEOTTO, L. H. **Avaliação de sustentabilidade: balanço e perspectivas no Brasil.** In: I Simpósio Brasileiro de Construção Sustentável – SBCS 08, São Paulo, 2008.

CETLIN, P. R. **Teoria, Prática e Inovação.** Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. 31p. Notas de aula.

CIB - INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre UNEP-IETC **AGENDA 21 for Sustainable Construction in Developing Countries.** CIB Report Publication 237, Rotterdam: CIB, Jul.1999.

CIB - INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre UNEP-IETC **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document** Boutek Report No Bou/E0204, Pretória, CIB/UNEP-IETC. 2002.

COELHO, S. B. ; NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil.** In: VIII Workshop Brasileiro - Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. São Paulo, 2008.

COLTRO, A. A **Gestão da Qualidade Total e suas Influências na Competitividade Empresarial.** **Caderno de Pesquisas em Administração.** v. 1 , n. 2, Set.1996.

CRAVEN, D. **Sustainable building: A Victorian Government Perspective.** In Gaia Conference, 2006.

CUSTODIO, A. L. M.; MOYA, R. **Indicadores Ethos De Responsabilidade Social Empresarial 2007** São Paulo: Instituto Ethos, 2007, 82p.

DREYER, L.; NIEMAN A. L.; HAUSCHILD, M. Comparison of Three Different LCA Methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99. Does it matter which one you choose? **The International Journal of Life Cycle Assessment**. v. 8, n. 4, p. 191-200, 2003.

DEMING, W. E. **Qualidade: a Revolução da Administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990, 367p.

ELKINGTON, J. **Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development**. California Management Review v. 36, no. 2, p. 90-100, 1994.

FABRICIO, M. M. ; MELHADO, S. B. **Projeto Simultâneo e a Qualidade na Construção de Edifícios**. In: Seminário Internacional de Arquitetura e Urbanismo - NUTAU, 1998, São Paulo, SP. Tecnologias para o Século XXI, 1998.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

FABRICIO, M. M. **Qualidade na construção e gestão da qualidade no processo de projetos de edifícios**. São Carlos, 2004.

FEIGENBAUM, A. V. **Quality control : principles,, practice, and administration**. New York: McGraw-Hill Book, 1951. 443 p.

FÉLIX, L. F. F. O Ciclo Virtuoso do Desenvolvimento Responsável. **Responsabilidade Social das Empresas: A Contribuição das Universidades**. São Paulo/Petrópolis: Instituto Ethos, v. 2, p.13-42, 2003.

FERMI, E. **Thermodynamics**. New York: Dover Publications, 1956. 160 p.

FERNÁNDEZ-ARMESTO, F. **Idéias que mudaram o mundo**. São Paulo: Editora Arx, 2004.

FERREIRA, O. C. **Entropia, economia e desenvolvimento social**. Curso de Ciências e Técnicas Nucleares-UFMG, 2008.

FOULQUIÉ, P. **Dialética**. Luis A. Caeiro. Lisboa: Publicações Europa-América, 1966. 120p.

GAUZIN-MULLER, D. **Arquitectura Ecológica**. Barcelona: Gustavo Gilli, 2002. 286 p.

GBCBRASIL – Green Building Council Brasil, <http://www.gbcbrazil.org.br/>, acessado dia 05/01/2009

GOULART, S. V. G. **Levantamento da experiência internacional: experiência nos Estados Unidos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 65p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

HAMEL, G. Strategy as revolution. **Harvard Business Review**. p.69-82, Jul-Ago 1996.

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. 6 ed. São Paulo: Loyola, 1996.

HAUSCHILD, M.; WENZEL, H.; ALTIN, L. **Environmental Assessment of Products. Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1997, 564p.

ISHIKAWA K. **Controle de Qualidade Total à Maneira Japonesa** Iliana Torres. Rio de Janeiro: Campus, 1993. 221p.

ITSUBO, N., INABA, A. **A new LCIA method: LIME has been completed**. Int. J. LCA, v. 8, n. 5, p. 305, 2003.

JOHN V. M., AGOPYAN V., ABIKO A. K., PRADO R. T. A., GONCALVES O. M., SOUZA U. E. **Agenda 21 for the Brazilian Construction Industry—a Proposal**. Construction and Environment: From Theory into Practice, São Paulo, CIB/PCC USP, 2000.

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. **Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**. ANTAC/UFRGS, Canela-RS, p. 91-98, 2001.

JOLLIET, O.; MARGNI, M.; CHARLES, R.; HUMBERT, S.; PAYET, J. Impact 2002+: a new Life cycle impact assessment methodology. **The International Journal of Life Cycle Assessment**. v. 8, n. 6, p. 324-330, 2003.

JURAN, J. M. **Controle de qualidade**. São Paulo, 1991.

KRONKA MÜLFARTH, R. C. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental**. Tese de Doutorado, São Paulo, FAU-USP, 2003.

LANDAU, R. Technology, capital formation and U. S. competitiveness. **International productivity and competitiveness**. New York: Oxford University Press, p.299-328, 1992.

LEMOS, C. **Inovação na era do conhecimento**. In: Informação e globalização na era do conhecimento. Rio de Janeiro: Campus, 1999. p. 122-144.

LIPPIATT, B. C. **Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide** National Institute of Standards and Technology, 2007.

LONGO, W. P. **"Reengenharia" do ensino de Engenharia : uma necessidade**. 1998. Disponível em <<http://www.engenheiro2001.org.br /programas/ 971207a.doc>> ,

LOUREIRO, C. F. B. ; VIEGAS, A. **Complexidade e dialética: por uma busca de novos elementos na tradição crítica diante dos desafios da educação ambiental**. Ambiente & Educação (FURG), v. 12, p. 11-32, 2008.

MELHADO, S. B. **O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Rio de Janeiro, 1999

METHA, P. K. A Concrete Technology for Sustainable Development. **Concrete International**. v. 21, n. 11, p. 47-52, Nov. 1999.

MEBRATU, D. Sustainability And Sustainable Development: Historical And Conceptual Review. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 18, p. 493-520, 1998.

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. 2. ed. Instituto Piaget, 1990. 177 p.

MOTTA, S. R. F. ; AGUILAR, M. T. P. **The Dialectic Creative Process for a Sustainable in the Constructed Environment.** In: 2008 World Sustainable Building Conference - SB08, 2008, Melbourne. Proceedings of the 2008 World Sustainable Building Conference - SB08, v. 2. p. 2640-2643, 2008.

MOURA, N. ; MIANA, A. C. ; GONÇALVES, J. C. S. ; DUARTE, D. **Arquitetura e desempenho luminoso: CENPES II, o novo centro de pesquisas da Petrobras, no Rio de Janeiro.** Ambiente Construído (Online), v. 9, p. 151-172, 2009.

POPPER, K. R. What is Dialectic? **Mind**, Oxford, V. 49, N. 196, p. 403-426, Out.1940.

PRE - PRODUCT ECOLOGY CONSULTANTS **SimaPro 6 - Introducción a LCA con SimaPro** V. 3, Set. 2004. 81 p.

RIFKIN, J. **Entropia: Uma Nova Visão do Mundo.** Henrique de Barros - Universidade do Algarve, Faro, 1987. 375p.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

SILVA, V. G. ; SILVA, M. G. ; LAMBERTS, R. ; TAKAOKA, M .V. ; ILHA, M. S. O. **Sustainable Building in Brazil: A four-year review and update.** Report prepared for World SB08 Melbourne. In: World SB08 Melbourne, 2008. v.1. p.24-52.

SPROVIERO, M. B. **Entropia: Progresso para a Destruição.** Entrevista: Jean Lauand, 2001. Acesso em 17/10/2007.

SOUZA, F.R. ; MELHADO, S.B. A importância do sistema de informação para a gestão das empresas de projeto. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 3, p. 121-199, 2008.

STEEN B. **A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000.** CPM Report, Chalmers University of Technology, Göteborg, 1999.

SUSTENTAX, <http://www.sustentax.com.br/>, acessado dia 02/11/2008

SZABÓ, L. **A arquitetura no caminho da sustentabilidade.** Iniciativa Solvin, São Paulo, 2005.

TAIPALE, K. **Construção, Ambiente Artificial e Desenvolvimento Sustentável** In: Ecolatina – Belo Horizonte, 2007.

UGAYA, C. M. L. **Teaching LCA in a Mechanical Engineering Course in Brazil.** In: Engineering Education in Sustainable Development 2008 Conference, 2008, Graz.

UNITED NATIONS. **Earth Summit Agenda 21** United Nation Conference on Environment and Development – UNCED. Rio de Janeiro. Jun.1992 (versão em português: Agenda 21: Conferencia das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro. Brasília: Senado Federal, 1997, 598p.

UNITED NATIONS, <http://www.un.org/>, acessado dia 28/11/2008

UNEP, <http://www.unep.org/>, acessado dia 28/11/2008

USGBC – UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL **LEED Green Building Rating System for New Constructions & Major Renovations (LEED – NC). Versão 2.2.** Oct. 2005. 78p.

USGBC - UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL **New Construction Version 2.2-Reference Guide.** Washington, 2006. 416p.

USGBC - UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL **Introduction to the LEED 2009 Credit Weighting Tool.** 2008a. 8p.

USGBC - UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL **LEED 2009 Credit Weighting.** Mai. 2008b. 10p.

USGBC - UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL **LEED 2009 Weightings Background.** Mai. 2008c. 5p.

USGBC - UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL <http://www.usgbc.org/>, acessado dia 11/01/2009

8. BIBLIOGRAFIA

BURSZTYN, M. (Org.) **Ciência, ética e sustentabilidade**. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2001. 192p.

KANT, I. **Crítica da Razão Pura**. M. P. Santos e A. F. Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1985. 122p.

KHUN, T. S. **The structure of scientific revolutions** 2ed. Chicago: The University of Chicago Press, 1970. 210p.