

Universidade Federal do Espírito Santo
Centro Tecnológico
Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil

CELSO SILVA BASTOS

**ARQUITETURA INSTITUCIONAL DE ENSINO SUPERIOR.
AÇÕES SUSTENTÁVEIS PROJETUAIS BASEADAS NAS
CATEGORIAS DO *LEED SCHOOLS NC - V3***

Vitória - ES

2012

CELSO SILVA BASTOS



**ARQUITETURA INSTITUCIONAL DE ENSINO SUPERIOR.
AÇÕES SUSTENTÁVEIS PROJETUAIS BASEADAS NAS
CATEGORIAS DO *LEED SCHOOLS NC* - v3**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de Construção Civil.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Calmon Nogueira da Gama

Vitória - ES

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

B327a Bastos, Celso Silva, 1960-
Arquitetura institucional de ensino superior. Ações sustentáveis projetuais baseadas nas categorias do *LEED Schools NC-V3* / Celso Silva Bastos. – 2012.
250 f. : il.

Orientador: João Luiz Calmon Nogueira da Gama.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Sustentabilidade. 2. Rotulagem ambiental. 3. Energia – Conservação. 4. Água - Uso. I. Gama, João Luiz Calmon Nogueira da. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 624

CELSO SILVA BASTOS

**ARQUITETURA INSTITUCIONAL DE ENSINO SUPERIOR.
AÇÕES SUSTENTÁVEIS PROJETUAIS BASEADAS NAS
CATEGORIAS DO *LEED SCHOOLS NC - v3***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em 30 de Outubro de 2012, por:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Ing. João Luiz Calmon Nogueira da Gama
Orientador - Dept^o. de Eng. Civil / Ufes

Prof. Dr. Ing. Marcel Olivier Ferreira de Oliveira
Examinador Interno - Dept^o. de Eng. Civil / Ufes

Prof. Dr. Fabrício Broseghini Barcelos
Examinador Externo – IFES - Instituto Federal do Espírito Santo

”Dentro de uma realidade que inseri a construção civil como grande poluidora nos cabe como arquitetos, engenheiros e professores, ações sobre a proteção do meio ambiente com projetos sustentáveis, de baixo impacto ambiental e obras que reduzam o desperdício.”

(O autor)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Ing. João Luiz Calmon, por ter me ensinado a importância da pesquisa, levando-me a reconhecer que os benefícios aplicados e usufruídos por todos, devem-se, em grande parte, a essa dedicação, que o sucesso da engenharia de hoje é fruto do trabalho dessas pessoas e que o mercado e a academia precisam caminhar juntos, cada um no seu tempo, mas nunca em direções opostas. Essa foi uma grande lição que servirá como um divisor na minha vida profissional.

Ao professor Dr. Ing. Marcel, por estar sempre de portas abertas para um pronto atendimento como amigo e mestre. O senhor tem o equilíbrio e o bom senso imprescindíveis para os momentos necessários os quais não hesitei em recorrer sempre que a situação exigia.

Ao professor Dr. Avancini, que me inundou de admiração pela humildade e competência. Foi gratificante aprender e conviver com o senhor, será sempre uma referência e uma confiável fonte de consultas.

A professora Dra. Geilma, pelo incentivo que me fez acreditar e sentir que, pelo simples fato de encarar um mestrado após 30 anos de formado, eu já poderia me considerar um vencedor; a senhora não faz idéia de como foi bom ouvir isso.

Ao professor Dr. Fabrício (IFES), pela importante colaboração e comentários imprescindíveis à conclusão do trabalho.

A todos os demais professores e funcionários da pós-graduação, pela contribuição e dedicação dadas a mim e aos meus colegas, em especial por parte da coordenadora e professora Dra Marta Cruz.

Aos colegas que dividiram os momentos de estudos, sacrifícios, angústias e vitórias conquistadas, em especial a Poline Fialho e Aline Pignaton que me socorreram nas horas difíceis. Vocês estarão sempre comigo independente do caminho que a vida traçar para cada um. Valeu mesmo, sucesso a todos e até a próxima.

À Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, pelo oferecimento de um mestrado com qualidade e comprometimento. O nosso doutorado há de acontecer.

À Fundação de Assistência e Educação- FAESA e à Associação Educacional de Vitória – AEV, pela oportunidade profissional que me colocou à frente do

empreendimento, com o compromisso de torná-lo o mais sustentável possível. Parabéns pela iniciativa pioneira que certamente servirá de exemplo.

Em especial a minha mulher, arquiteta Rosana que assumiu com competência os compromissos do nosso escritório, dando-me apoio e condições para que eu pudesse chegar ao final desse trabalho; sem você eu não teria conseguido.

As minhas filhas e netas que sempre serão a minha fonte maior de inspiração.

Em memória ao meu pai, dentista, biólogo, botânico, professor e pesquisador, grande defensor da natureza a qual aprendi a respeitar.

E a todos que de alguma maneira contribuíram com informações imprescindíveis ao desenvolvimento desse trabalho.

MUITO OBRIGADO MESMO!



....“Nós devemos ser a mudança que desejamos ver no mundo”.....Ghandi

RESUMO

Esta dissertação consiste numa abordagem sobre sustentabilidade na construção civil, analisando os conceitos de desenvolvimento sustentável e propondo soluções que visam a reduzir os impactos ambientais, uso eficiente de materiais e consumo de água no setor de construção civil. O objetivo desta pesquisa é dissertar as ações sustentáveis aplicadas a um projeto adotado como exemplo, referente a uma edificação de ensino superior, de forma qualitativa, dando ênfase a um sistema de aproveitamento de uso de água de condensação de ar condicionado proposto pelo autor, baseando-se na ferramenta de certificação e critérios do *LEED Schools NC - v3*, sem, contudo, ter por finalidade atingir pontuações. Dessa forma, pretendeu o autor contribuir para a redução dos impactos ambientais na construção civil através de procedimentos projetuais adotadas para a edificação de um prédio de ensino superior na cidade de Vitória, ES. No Estado da Arte serão apresentados modelos e conceitos sustentáveis, programas de ação e sistemas de pesquisas num âmbito internacional, nacional e local, que permitam alcançar construções de alto desempenho ambiental. Posteriormente, serão descritas metodologias de avaliação de desempenho ambiental existentes no mundo. Como exemplo algumas edificações de ensino certificadas ambientalmente serão citadas com a avaliação dos resultados de seus desempenhos ambientais. Na conclusão demonstra-se uma considerável redução no consumo de água e energia, além de melhor produtividade com ambientes projetados com materiais de baixo compostos orgânicos voláteis e climatização adequada.

Palavras chave: Sustentabilidade, certificações ambientais, desempenho em ambientes construídos, eficiência energética, uso racional de água.

ABSTRACT

This study consists in an approach to sustainability in construction, analyzing the concepts of sustainable development and proposing solutions that aim the reduction of environmental impacts, efficient use of materials and water consumption in the building sector. The objective of this research is to expound the sustainable actions applied to a project adopted as an example, referring to a building for educational use, in a qualitative way, emphasizing the use of a system that reuses the water from air conditioning condensation system proposed by the author, based on the certification tool and criteria of LEED Schools NC - v3, without, however, having the purpose of achieving scores. Thus, the author sought to contribute to reducing environmental impacts through the construction of projective procedures adopted for the construction of a building of higher education in the city of Vitória, ES. In this work it will be presented models and sustainable concepts, programmed solutions and systems research in international, national and local buildings that achieve high environmental performance. Subsequently, assessment methodologies are described of environmental performance in the world. As an example, some school buildings environmentally certified cited will be mentioned and the results of their environmental performance will be evaluated. The results demonstrated that a considerable reduction in the consumption of water and energy can be achieved, in addition to improved productivity environments designed with materials with low volatile organic compounds and proper acclimatization.

Key words: *Sustainability, environmental certifications, built environmental performance, energy efficiency, rational use of water.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	28
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	28
1.1	MOTIVAÇÃO PARA O TRABALHO	33
1.2	OBJETIVOS	34
1.1.1	Objetivo Geral	34
1.1.2	Objetivos Específicos	34
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	35
2.	SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	38
2.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	38
2.2	ECO-EFICIÊNCIA	44
2.3	ARQUITETURA SUSTENTÁVEL	46
2.3.1	Recursos	47
2.3.2	Energia	48
2.3.3	Água	48
2.3.4	Materiais	52
2.3.5	Resíduos	54
2.3.6	Ventilação e qualidade do ar em ambientes fechados	56
2.4	CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	58
2.4.1	Green Buildings	59
2.4.2	Análise do ciclo de vida	60
2.5	SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL PARA EDIFÍCIOS	62
2.5.1	World Green Building Council	62
2.6	EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS NA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS	67
2.6.1	Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)	68
2.6.2	Leadership in Energy and Environmental Design (LEED Schools NC - v3)	69

2.6.3	Comprehensive Assessment System for building Environmental Efficiency (CASBEE).....	77
2.6.4	Sustainable Building Tool (Sbt)	80
2.7	EXEMPLOS DE EDIFÍCIOS DE ENSINO COM BOM DESEMPENHO AMBIENTAL	82
2.7.1	Sidwell Friends Middle School, Washington, D.C.....	82
2.7.2	Rosa Parks Elementary School, Portland, Oregon.....	85
2.7.3	West Brazos Junior High School, Brazoria, Texas	87
2.7.4	Fossil Ridge School, Fort Collins, Colorado	89
2.8	SITUAÇÃO BRASILEIRA	92
2.8.1	Histórico da Educação.....	92
2.8.2	Arquitetura Escolar	93
2.9	AÇÕES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEIS NO ESPÍRITO SANTO	104
2.10	AÇÕES SUSTENTAVEIS LIGADAS À CONSTRUÇÃO CIVIL NA CAPITAL, VITÓRIA.....	105
3.	PRESSUPOSTOS E CONCEPÇÃO PROJETUAL	109
3.1	ORGANOGRAMA DAS ETAPAS DE PROJETOS.....	109
3.2	METODOLOGIA UTILIZADA PARA AVALIAR A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	111
3.3	CARACTERÍSTICAS REGIONAIS	112
3.4	CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO	114
3.4.1	Número de unidades previstas, caracterizando seu uso	116
3.4.2	Dias e horários de funcionamento	117
3.4.3	População prevista de ocupação do prédio.....	117
3.5	CONCEPÇÃO PROJETUAL	118
4.	Ações Projetuais relacionadas às categorias do <i>LEED Schools NC - v3</i>	
	134	
4.1	CATEGORIA – SÍTIO SUSTENTÁVEL (SS)	135
4.1.1	Características regionais e do entorno urbano.....	136
4.1.2	Área de Influência Direta (AID) do empreendimento	138
4.1.3	Diagnóstico do ambiente urbano	143
4.1.4	Fatores Paisagísticos	151
4.1.5	SINTESE DOS RESULTADOS	158

4.1.6	Característica do lote definido para o projeto	159
4.2	CATEGORIA – EFICIÊNCIA DA ÁGUA (WE)	169
4.3	CATEGORIA – ENERGIA E ATMOSFERA (EA).....	180
4.3.1	Projeto de instalações elétricas.....	181
4.3.2	Projeto de instalações do sistema de ar condicionado.....	183
	Descrição dos equipamentos – VRV (volume de refrigerante variável) ou VRF (variable refrigerant flow).....	184
	Renovação de ar	185
4.3.3	Elevações verticais mecânicas.....	187
4.4	CATEGORIA – MATERIAIS E RECURSOS (MR).....	188
4.4.1	Procedimentos a serem adotados durante a construção	189
4.4.1.1	Fase de Implantação.....	190
4.4.1.2	Previsão de Alteração do Solo e do Perfil do Terreno	190
4.4.1.3	Resíduos da Construção Civil	192
4.4.1.4	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....	193
4.4.1.5	Características Qualitativas dos Resíduos.....	194
4.4.1.6	Triagem.....	195
4.4.1.7	Acondicionamento.....	197
4.4.1.8	Transporte/ Controle	200
4.4.1.9	Destinação dos Resíduos	201
4.4.1.10	Treinamento	204
4.4.1.11	Poluição Hídrica	204
4.4.1.12	Poluição Sonora	205
4.4.1.13	Poluição Atmosférica	206
4.4.1.14	Saúde e Segurança do Trabalhador.....	207
4.4.2	Procedimentos a serem adotados na fase de operação	207
4.4.2.1	Resíduos Sólidos	207
4.4.2.2	Poluição Hídrica	208
4.4.2.3	Poluição Sonora.....	208
4.4.2.4	Poluição Atmosférica	208
4.5	CATEGORIA - QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA (IEQ)	209
4.5.1	Ecoprodutos (Produtos Sustentáveis)	210
4.5.2	Produtos recomendados (Ecológicos).....	210
4.6	CATEGORIA - PRIORIDADE REGIONAL (RP)	229

5.	CONCLUSÕES	232
5.1	CONCLUSÕES ESPECÍFICAS.....	232
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS	236
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	240
	APÊNDICES	250
A)	ARTIGOS PUBLICADOS (Mídia).....	250
B)	DISSERTAÇÃO (Mídia)	250
C)	ESTUDO DE IMPACTO URBAO (EIV) (Mídia).....	250
D)	PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL (PCA) (Mídia).....	250

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico da composição da cadeia produtiva da Construção Civil em 2010.	29
Figura 2 - Estrutura conceitual do CASBEE.....	79
Figura 3- Sidwell Friends Middle School	83
Figura 4 - Rosa Parks Elementary School.....	85
Figura 5 - West Brazos Hight School.	87
Figura 6 - Fossil Ridge Scholl.....	90
Figura 7 - Colégio Cruzeiro do Sul.	99
Figura 8 - Colégio Estadual Erich Walter.	100
Figura 9 - Organograma das Etapas de Projetos.....	110
Figura 10 - Gráfico climático para Vitória.	114
Figura 11 - Representação digital em perspectiva do projeto executado.....	121
Figura 12- Representação em planta baixa do Pavimento G1 (garagem em meio subsolo).....	122
Figura 13 - Representação em planta baixa do Pavimento G2 (garagem).	123
Figura 14 - Representação em planta baixa do Pavimento G3 (garagem).	124
Figura 15 - Representação em planta baixa do Pavimento G4 (garagem)	125
Figura 16 - Representação em planta baixa do Pavimento G5 (garagem).	126
Figura 17 - Representação em planta baixa do Pavimento Administrativo e Biblioteca.....	127
Figura 18 - Representação em planta baixa do Pavimento de Laboratórios.....	128
Figura 19 - Representação em planta baixa do Pavimento de Salas de Aula.....	129
Figura 20 - Representação em planta baixa do Pavimento do Centro de Vivência.....	130
Figura 21 - Representação em planta baixa do Pavimento de Salas de Aula e Laboratórios.	131

Figura 22 - Representação dos pavimentos da edificação em corte transversal. ...	132
Figura 23 - Imagem aérea para identificação da área onde está localizado no terreno.....	137
Figura 24 - Área de Influência Direta do Empreendimento.	138
Figura 25 - Zoneamento Urbanístico.....	140
Figura 26 - Hierarquização Viária da AID.....	142
Figura 27 - Pontos de Ônibus.....	143
Figura 28 - Gráfico de forma de ocupação, áreas e percentuais.....	144
Figura 29 - Uso do Solo na AID.....	146
Figura 30 - Gráfico do Tipo de Uso do Solo.	146
Figura 31 - Gabaritos das edificações da AID.....	147
Figura 32 - Gabarito das Edificações por Lote.	148
Figura 33 - Mapa de Uso do Solo com destaque para os empreendimentos de maior importância.....	150
Figura 34 - Vista do Penedo em Vila Velha - Importante marco visual, localizado além dos limites da AID do empreendimento em análise.....	152
Figura 35 - Vista do Forte São João – Patrimônio tombado em nível estadual, localizado fora da AID do empreendimento em análise.	153
Figura 36 - Ipês e cássias - vegetação arbórea encontrada na área de estudo.....	154
Figura 37 - Espirradeiras - vegetação arbustiva encontrada na área em estudo. ...	154
Figura 38 - Localização de alguns espaços públicos marcantes na paisagem do local.....	155
Figura 39 - Mapa com a localização dos pontos de visadas.	156
Figura 40 - Visada atual (a) e simulação da visada com empreendimento implantado (b) na Avenida Vitória, há aproximadamente 1 km de distância.....	157

Figura 41 - Visada 02 – Visada atual (a) e simulação da visada com empreendimento implantado (b) a partir do cruzamento da Avenida Vitória com a Avenida Marechal Campos.	157
Figura 42 - Visada atual (a) e simulação da visada com empreendimento implantado (b) a partir da Rua Joaquim Leopoldino Lopes X Avenida Vitória.	157
A figura 44 representa a implantação da obra e a localização em relação ao entorno e suas esquinas, incluindo as medidas mitigadoras definidas no EIV para o trânsito e a faixa de pedestre.	159
Figura 44 - Implantação do Empreendimento.	160
Figura 45 - Delimitação do Zoneamento Urbanístico do Plano Diretor Municipal de Vitória.	161
Figura 46 - Muro localizado no fundo do terreno.	162
Figura 47 - Mapa Pedológico. Cd: Associação Solos Cambissólicos Eutróficos e Distróficos; AT: Aterro in-discriminado sobre Solos Naturais; SM: Solos Indiscriminados de Mangue.	163
Figura 48 - Restos de piso existentes no terreno.	163
Figura 49 - Reserva Ecológica do Morro Itapemambi, localizada entre os bairros Santa Lúcia, Praia do Canto e Praia do Suá.	165
Figura 50 - Indivíduos arbóreos localizados na calçada onde será construído o empreendimento na Rua Aloysio Simões, identificados na figura por uma seta.	166
Figura 51 - Vistas das árvores existentes na Rua Aloysio Simões, frente do lote (a) e (b) e a ausência de arborização nas testadas da Avenida Jair Etienne Dessaune (c) e Avenida Vitória (d).	167
Figura 52 - Vista aérea.	168
Figura 53 - Perspectiva digital noturna.	169
Figura 54 - Ilustração do sistema VRF instalado.	172
Figura 55 - Diagrama do Sistema de Condensação de Água na Serpentina.	174
Figura 56 - Esquema Geral do Sistema.	179

Figura 57 - Foto ilustrativa dos elevadores na entrada principal..	187
Figura 58 - Os serviços preliminares para redução dos impactos produzidos pela construção da edificação envolvem um plano de controle de erosão, sedimentação e controle de sólidos suspensos no ar através da utilização de água não potável. ...	192
Figura 59 - Sinalização para acondicionamento diferenciado (Resolução CONAMA nº 275).....	197
Figura 60 - Bombonas sinalizadas.	197
Figura 61 - Caçambas para o armazenamento de resíduos de alvenaria, concreto, areia, dentre outros.	198
Figura 62 - Dispositivos de transporte dos resíduos gerado nos pavimentos para as caçambas.....	200
Figura 63 - Selo ecológico Falcão Bauer.	213
Figura 64 - Selo SustentaX	214
Figura 65 - Para a execução das alvenarias podem ser utilizados blocos cerâmicos com fibras celulósicas, tijolos de solo cimento e blocos estruturais de sílico calcário ou area de fundição, além das placas divisórias recicladas de tubo de pasta de dente ou embala gens longa vida.....	216
Figura 66 - Exemplos de peças de mobiliário fabricadas com placas recicladas de tubo de creme dental e madeira certificada.....	216
Figura 67 - Pisos e Revestimentos com Material Reciclado Reflorestado	217
Figura 68 - Exemplos de utilização de madeira certificada para a confecção de esquadrias, pisos e rodapés. A madeira pode ser poupada também com a utilização de fôrmas de plástico reaproveitáveis e madeira reciclada (painéis de OSB).....	217
Figura 69 - Insumos e revestimentos reciclados como brita e areia, a utilização de massa única e cales pozolânicas, o chapisco com areia reciclada e cimento CP III e a utilização da própria areia sintética de EVA auxiliam na redução da produção de resíduos.....	217
Figura 70 - Exemplos de pisos: táteis alerta e direcionais em borracha reciclada, assoalhos em madeira certificada com selo FSC, pisos intertravados permeáveis	

produzidos com material reciclado, degraus, rodapés e espelhos de escadas em madeira certificada. Além destes, pisos em concreto armado também podem ser feitos com cimento CIII, britas e areias recicladas, pisos de linoleum e marmoleum, porcelanatos e pastilhas de vidro produzidos com material reciclado.....	218
Figura 71 - Instalações Hidráulicas em polipropileno, pet e polietileno.	219
Figura 72 - Produtos de larga escala de uso no dia a dia podem ser fabricados em material reciclado, amenizando a produção de resíduos industriais. Abaixo, a madeira plástica aplicada em guarda corpos, o piso de plástico reciclado e os carrinhos de PET reciclado.	219
Figura 73 - Forros e coberturas produzidos com fibras minerais, tubos de pasta de dente reciclados ou embalagens longa vida, coberturas metálicas com baixo índice de refletância e coberturas com telhas de fibrocimento sem amianto.....	219
Figura 74 - Equipamentos sanitários como caixas de descarga em plástico, equipadas com duplo acionamento, visando a economia de água, torneiras com fechamento automático, aeradores e sensores de presença infravermelho, bacias e mictórios com hidrovácuo e mictório com hidrovácuo e mictórios que não utilizam água para a descarga.	220
Figura 75 - Racionalização do uso da água, através da adaptação de tecnologias inovadoras de tratamento de esgoto e reuso da água (também da água da chuva) para irrigação dos jardins, inclusive de telhados verdes, que reduzem o efeito as ilhas de calor.	220
Figura 76 - A qualidade ambiental interna também abrange o uso de sistemas de ar condicionado evaporativo, sem a utilização de gases nocivos e com renovação total do ar interno, bem como sistemas de purificação do ar por ionização rádio-catalítica.	221
Figura 77 - Eficiência energética obtida pelo uso de energia fotovoltaica para iluminação e de sistemas e equipamentos elétricos, cabos e acessórios sem pigmentação pesada e cabos antichamas.	221
Figura 78 - Qualidade ambiental interna, promovida pelo aproveitamento de luz natural (shed), fachadas envidraçadas, orientação geométrica do local, luz diurna e vistas na maioria dos ambientes, além de área exclusiva para fumantes. O uso de	

materiais com baixa emissão de COVs, tintas minerais e à base d'água, massa corrida de base mineral, além de textura mineral à base de silicato de potássio....	221
Figura 79 - A eficiência energética da edificação pode ser também alcançada pelo uso de placas fotovoltaicas, sistemas de aquecimento solar a vácuo, luminárias solares com LED, fotovoltaicas e eólicas, sistemas automatizados com sensores de presença e medidores de níveis de iluminação.	222
Figura 80 - O conforto ambiental interno depende também de equipamentos utilizados para retenção de sujeira e umidade (tapetes emborrachados), películas de controle térmico e de ofuscamento, agentes extintores de incêndio sem CFCs e revestimentos internos e externos produzidos com materiais reutilizados e reutilizáveis.....	223
Figura 81 - Esquema gráfico de circulação cruzada nos ambientes.	224
Figura 82 - Planta do forro padrão das salas de aula.....	225
Figura 83 - Detalhe do Peitoril das salas.....	225
Figura 84 - Secção Vertical da Fachada das salas de aula.	226
Figura 85 - Preparo da laje protendida (colocação das cordoalhas) e estrutura pronta com lajes protendidas.	229
Figura 86 - Resultados recomendados pelo LEED School NC – v3.....	233

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Eventos geradores de discussões em torno do desenvolvimento sustentável mundial e as práticas e documentos adotados e gerados a partir destas reuniões.....	40
Quadro 2 - Relação das Conferências das Partes da Convenção – COPs e os resultados obtidos de cada evento.....	41
Quadro 3 - Alguns compostos orgânicos voláteis e suas principais fontes.....	56
Quadro 4 - Relação dos métodos existentes mais conhecidos por país e número de indicadores em dezembro de 2004 e alguns com comentários sobre sua base de apoio.	64
Quadro 5- Categorias avaliadas pela metodologia LEED Schools NC - v3 comparando as diferenças de pontuação entre as versões 2.2 e 3.0.....	72
Quadro 6 - Lista dos pré-requisitos exigidos pelo LEED Schools NC - v3- New Construction.....	72
Quadro 7 - Apresentação da estrutura de pontuação da metodologia LEED Schools NC - v3. Listados abaixo estão os itens diferenciados no LEED Schools NC - v3. Os itens grifados em cinza representam os itens alterados em relação ao LEED Schools NC - 2.2.....	73
Quadro 8- Relevância dos espaços escolares para o uso da metodologia.....	76
Quadro 9 - Ferramentas de avaliação do CASBEE.....	78
Quadro 10 - Evolução das definições de eco-eficiência.....	79
Quadro 11 - Categorias de desempenho e questões consideradas pelo SBTool.....	82
Quadro 12 - Programas levados para o Rio + 20 pelo Estado do Espírito Santo e Projetos previstos para serem implantados futuramente.	104
Quadro 13 - Quadro de cálculos de áreas (m ²) e índices urbanísticos conforme legislação municipal vigente.....	115
Quadro 14 - Quadro de vagas para estacionamento de veículos no prédio.	115

Quadro 15 - Categorias e créditos do LEED Schools NC - v3 quanto aos sítios sustentáveis (continua)	135
Quadro 16 - categorias e créditos do LEED Schools NC – v3 quanto a eficiência do uso da água.....	170
Quadro 17- Resultados finais para o fator econômico do sistema.	176
Quadro 18 - categorias e créditos do LEED Schools NC - v3 para Energia e Atmosfera.....	180
Quadro 19 - Tarifa Convencional – Média Tensão.....	182
Quadro 20 – Tarifa HoroSazonal THS VERDE – com gerador	182
Quadro 21 - Esquema de Instalação do Sistema.....	186
Quadro 22 - Categorias e créditos do LEED Schools NC – v3 sobre o item Materiais e Recursos.....	189
Quadro 23 - Modelo de formulário para atender à NBR 15112/2004 e 15114/2004	201
Quadro 24 - Destinação de resíduos passíveis de reutilização.....	203
Quadro 25 - Categorias e créditos do LEED Schools NC v3 para o item que trata sobre a qualidade do ar interno da edificação.....	209
Quadro 26- Categorias e créditos relativos à inovação do projeto.	227
Quadro 27 - Categoria e crédito aplicado ao trabalho em relação à prioridade regional.	229

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre as pontuações dos níveis de certificação existentes no LEED Schools NC - v 2.2 e o LEED Schools NC - v3.	76
Tabela 2 - Avaliação da escola Sidwell Friends por meio do sistema LEED Schools NC - v 2.2.	84
Tabela 3 - Avaliação da escola Rosa Parks por meio do sistema LEED Schools NC - v3- NC 2.2.	86
Tabela 4 - Avaliação da escola West Brazos por meio do sistema LEED Schools NC - v3.	89
Tabela 5 - Avaliação da escola Fossil Ridge por meio do sistema LEED Schools NC - v3- NC 2.2.	92
Tabela 6 - Valores de ruídos em decibéis nos ambientes escolares.....	96
Tabela 7- População por turno.	117
Tabela 8 - Forma de Ocupação, Áreas e Percentuais.	144
Tabela 9 - Relação de obras na Área de Influência Direta.....	145
Tabela 10 - Tipo de Uso da AID, Áreas e Percentuais.....	145
Tabela 11 - Número de Pavimentos e Números de Lotes.....	148
Tabela 12 - Equipamentos utilizados suas respectivas capacidades e capacidade de retirada de água do ar.	176
Tabela 13 - Análise dos resultados de consumo.....	186
Tabela 14 - Classificação dos resíduos gerados.....	195
Tabela 15 - Quantificação e classificação dos resíduos gerados em cada etapa da obra.	196
Tabela 16 - Código de cores das Baías de Armazenamento Temporário.	199

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1	45
Equação 2	118

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Análise do Ciclo de Vida

AID – Area de Influência Direta

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

ASHARE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

BEE - Building Environmental Efficiency

BEPAC – Building and Environmental Performance Assessment Criteria

BRE - Building Research Establishment

BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CASBEE - Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento

CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction

CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

COMASP – Comitê do Meio Ambiente de São Paulo

COMDEMA – Conselho de Defesa do Meio Ambiente

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONSTRUMETAL – Congresso Latino-Americano de Construções Metálicas

COP – Conferencia das Partes da Convenção

COV – Compostos orgânicos voláteis

EIV – Estudo de Impacto de Vizinhança

EPA – Environmental Protection Agency

FTE – Fator de equivalência do número de ocupantes para tempo integral

GBC – Green Building Challenge

GBCA – Green Building Council of Australia

GBCI – Green Building Certification Institute

ICV – Inventário do Ciclo de Vida

IISBE – International Initiative for Sustainable Built Environmental

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

LEED Schools NC - v3 - Leadership in Energy and Environmental Design

LCA – Life Cycle Assessment
NC – New Construction
NIST – National Institute of Standards and Technology
NR – Normas Regulamentadoras
OECD – Organization for Economic Co-operation and Development
ONG – Organização Não Governamental
ONU – Organização das Nações Unidas
OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development.
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento
PBC – Policloreto de Bifenilas
PBI – Produto Interno Bruto
PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PCA – Programa de Controle Ambiental
PCMSO – Programa de Controle Medico de Saúde Ocupacional
PDU – Plano Diretor Urbano
PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
PVC – Cloreto de polivinila
RCD – Resíduos de construção e demolição
RGMat – Registro Geral de Materiais
SASBE – Smart and Sustainable Built Environments
SB – Sustainable Building
SEDEC – Secretaria Municipal de Desenvolvimento da Cidade
SEMMAM – Secretaria Municipal do Meio Ambiente
SINDUSCON – Sindicato da Industria e Construção
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo
UNEP – United Nations Environmental Programme
USEPA – United States Environmental Protection Agency
USGBC – United States Green Building Council
WGBC – World Green Building Council
WBCSD – World Business Council for Sustainable Development
ZOC – Zona de Ocupação Controlada
ZOP – Zona de Ocupação Preferencial
ZPA – Zona de Proteção Ambiental



CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

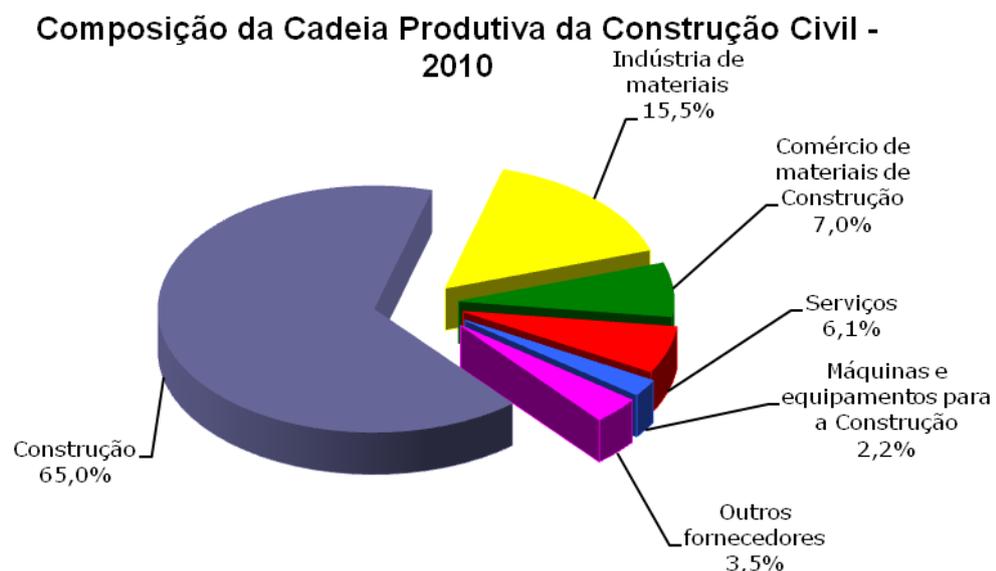
As atividades da construção civil são responsáveis por grande parte dos impactos ambientais no Brasil e em todo o mundo. O uso extensivo de recursos naturais, grande parte não-renováveis, e a negligência em relação à infraestrutura verde existente, como o solo e corpos d'água, são fatos que corroboram esta afirmação. É notório, também, o elevado volume de resíduos resultantes de técnicas arcaicas de construção, empregadas por uma mão-de-obra desqualificada. Além disso, muitas vezes a concepção do projeto prioriza características estéticas e de *design* e ignora conceitos de conforto ambiental, propriedades dos materiais, desempenho energético e otimização dos recursos naturais.

Ao mesmo tempo, a indústria da construção civil é responsável pela elaboração do espaço e infra-estrutura construídos, e se comporta como um dos maiores e mais importantes setores da economia. No Brasil, o setor responde por aproximadamente 15% do PIB (figura 1) e tende a crescer em percentual idêntico ao ano, sem contar as obras públicas e o incremento que o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) deve trazer, ao disponibilizar investimentos da ordem de 500 bilhões de reais nos próximos quatro anos (SILVA, 2008). Adjacente ao desenvolvimento do setor surge a oportunidade de construir de forma diferenciada e com responsabilidade, vendo o meio ambiente como parceiro e nunca como entrave.

Em todo o mundo o setor de construção civil gera um enorme e crescente impacto sobre o meio ambiente, utilizando cerca de 40% dos recursos naturais extraídos nos países industrializados (PULSELLI *et al.*, 2007), consumindo cerca de 40% da eletricidade (WGBC, 2010) e 12% de água potável (WANG; ZMEUREANUA; RIVARD, 2005, *apud* CASTRO-LACOUTURE, 2008), e gerando entre 45 e 65% dos resíduos depositados em aterros (YUDELSON, 2008). Além disso, os edifícios são responsáveis por uma grande quantidade de emissões nocivas, respondendo por 30% dos gases causadores do efeito estufa, devido ao seu funcionamento, e um

adicional de 18% causado indiretamente pela exploração e transporte de materiais (VENKATARAMA; JAGADISH, 2003). Ao mesmo tempo, a má qualidade dos ambientes interiores pode causar problemas de saúde para os usuários em edifícios comerciais e institucionais, diminuindo, assim, a produtividade (RIES *et al.*, 2006, *apud* CASTRO-LACOUTURE, 2008).

Figura 1 - Gráfico da composição da cadeia produtiva da Construção Civil em 2010.



Fonte: ABRAMAT e FGV Projetos

De maneira geral, a massa de resíduos de construção gerada nas cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar. Em cidades brasileiras de médio e grande porte, a massa de resíduos gerados pela construção civil varia entre 41% a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos (JOHN; AGOPYAN; 2003).

O *United Nations Environmental Programme* afirma que “nenhum outro setor tem tanto potencial para reduzir drasticamente a emissão de gases que aceleram o efeito estufa” (UNEP, 2007) e o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) identificou que a Construção Civil é o setor que oferece várias maneiras a custos rentáveis para reduzir essas emissões (ARNEL, 2010).

Há algum tempo, a atenção pública está voltada para problemas socioambientais. A preocupação não só com a vida do planeta, mas também com a qualidade de vida, emergiu como foco de governantes, mídia e comunidades acadêmicas.

Assim, para suavizar os impactos dos edifícios ao longo de seu ciclo de vida e garantir a qualidade de vida dos seus usuários, o Edifício Verde surge como uma nova filosofia de construção, incentivando a utilização de materiais mais ecológicos, estimulando a aplicação de técnicas para economizar recursos, e inserindo práticas que promovam a redução da geração de resíduos, e a melhoria da qualidade ambiental interna, entre outros (THORMARK, 2006).

Isso poderia resultar em benefícios ambientais, financeiros, econômicos e sociais. Como exemplo pode-se citar a economia em custos de operação e manutenção através da instalação de iluminação de alta eficiência e sistemas de isolamento (ROSS; LOPEZ-ALCALA; SMALL III, 2006, *apud* CASTRO-LACOUTURE, 2008), ou por meio de um processo adequado de seleção de material que considera, por exemplo, a reflexão de luz solar do telhado (MOECK; YOON, 2004). Outros benefícios dessas edificações estão relacionados com a melhoria da qualidade ambiental interna, o que pode reduzir os custos operacionais e aumentar a produtividade dos funcionários mediante satisfação do trabalhador e maior desempenho no trabalho devido à melhor qualidade do ambiente interior (LEE; GUERIN, 2009).

Apesar de seus benefícios demonstrados, os edifícios verdes ainda não são percebidos como projetos atraentes, porque a maioria dos construtores os associa com tecnologias caras que adicionam custos, como, por exemplo, painéis fotovoltaicos e sistemas de reuso de águas cinzas (GBCA, 2008). Além disso, em países em desenvolvimento, a ampliação do setor de construção civil é essencial para o combate à pobreza e a garantia de níveis aceitáveis de qualidade de vida, visto que os recursos financeiros são escassos. Deste modo, o posicionamento a favor da proteção ambiental não é prioridade, e a viabilidade econômica assume importância vital (WGBC, 2008).

No entanto, um processo cuidadoso de *design* e um método cauteloso de seleção de materiais podem ser suficientes para atingir as metas ambientais desejadas a um custo menor, sem necessidade de um elevado investimento em tecnologia.

De fato, algumas evidências sustentam que não há diferença entre o custo médio de investimento por metro quadrado de alguns edifícios verdes para edifícios tradicionais de mesma função, tais como edifícios acadêmicos, laboratórios, centros comunitários e ambulatórios (MATTHINESSEN; MORRIS, 2007).

O sucesso de um edifício verde depende da qualidade e eficiência dos sistemas instalados. Se o edifício não possui esses recursos essenciais, ele não cumpre as metas ambientais, nem gera os benefícios esperados. Assim, o mercado requer maneiras para diferenciar um edifício verde dos tradicionais, através da criação de requisitos mínimos de sustentabilidade que devem ser alcançados.

Uma vez que a indústria da construção civil começou a se mover em direção à promoção da construção sustentável na segunda metade da década de 1980, diversos métodos têm sido desenvolvidos para avaliar o desempenho ambiental dos edifícios e estabelecer o grau de cumprimento dos objetivos ambientais, orientando, desse modo, os processos de planejamento e design (IISBC, 2008). Dessa forma, nos estágios iniciais do processo de construção, os projetistas podem tomar decisões para melhorar o desempenho do edifício a um custo muito reduzido ou nulo, seguindo as recomendações desses métodos.

A Inglaterra foi pioneira no estabelecimento desses métodos, desenvolvendo em 1990 a ferramenta *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*¹ (BREEAM) . Posteriormente, surgiram outras metodologias, como a *Green Star*² da Austrália, o *Leadership in Energy and Environmental Design*³ (LEED *Schools NC - v3*) dos Estados Unidos, em 1994, *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*⁴ (CASBEE) do Japão em 2002,

¹ Tradução: “Estabelecimento de Métodos de Investigação e Avaliação Ambiental em Construções.”

² Tradução: “Estrela Verde.”

³ Tradução: “Liderança em Energia e Design Ambiental.”

⁴ Tradução: “Sistema Integrado de Avaliação da Eficiência Ambiental em Construções.”

*Building and Environmental Performance Assessment Criteria*⁵ (BEPAC) do Canadá, dentre outros.

Desde seu primeiro lançamento em 2000, o *LEED Schools NC - v3* tornou-se um modelo de sistema de certificação para construções verdes, bem como uma base para a concepção do projeto, construção e operação de edificações verdes (LEE, 2010). Até abril de 2007, o sistema *LEED Schools NC - v3* era composto por 7500 membros entre empresas e organizações (BOWYER, 2007), mostrando ao longo dos últimos anos, uma trajetória crescente. Esta ferramenta vem adquirindo credibilidade, validando sua importância como um paradigma de desempenho ambiental de edificações e tornando-se um sistema de referência para a concepção, construção e operação de construções verdes para além dos Estados Unidos (CASTRO-LACOUTURE *et al.*, 2007).

Os coeficientes dos modelos de regressão indicaram que os edifícios certificados pelo *LEED Schools NC - v3* apresentaram custo 9,2% maior e um preço de venda 31% maior do que dos edifícios convencionais, pois o fascínio em relação aos edifícios *LEED Schools NC - v3* contribui para a valorização dos imóveis (NEWSHAM; MANCINI; BIRT, 2009).

Ressalta-se que esses métodos para a avaliação de desempenho ambiental em edifícios foram sustentados pelo conceito de *Life Cycle Assessment (LCA)*⁶, como parte das estratégias de cumprimento das metas ambientais estabelecidas a partir da ECO 92 (ARAÚJO, 2006). Originalmente desenvolvido na esfera de avaliação de impactos de produtos, o LCA é um processo pelo qual os fluxos de materiais e energia de um sistema são quantificados e avaliados (SCHEUER; KEOLEIAN; REPPE, 2003).

Quanto às edificações de ensino, tema central deste trabalho, por serem destinadas a um grupo específico de usuários, possui um programa diferenciado e são analisados por métodos particulares de avaliação de desempenho ambiental. Frequentemente as instituições de ensino são construídas seguindo padrões que

⁵ Tradução: “Construção e Critérios de Avaliação de Desempenho Ambiental”

⁶ Tradução: Análise do Ciclo de Vida.

cumprem apenas as normas de saúde e segurança (Health), negligenciando aspectos de desempenho ambiental e conforto dos usuários.

“Edificações de Ensino Verdes” precisam ser saudáveis para os alunos, professores e para o meio ambiente. Se projetadas corretamente, com muita iluminação natural, acústica de alta qualidade e com o ar seguro para respirar, essas construções se tornam ambientes produtivos de aprendizagem (USGBC, 2006).

Muitos estudos mostram que a iluminação natural melhora a leitura dos alunos e notas de matemática. A qualidade do ar interno também é uma preocupação primordial para essas edificações, de modo que é preferível que as mesmas apresentem janelas operáveis para deixar entrar ar fresco e possua pinturas e mobiliário com baixo teor de compostos orgânicos voláteis (COVs) (USGBC, 2006).

1.1 MOTIVAÇÃO PARA O TRABALHO

A motivação para o trabalho veio, inicialmente, da consciência na importância em contribuir para a redução dos impactos ambientais causados pela construção civil ao meio ambiente e em reconhecer que cada profissional dessa cadeia produtiva deva fazer a sua parte nesse grande desafio. A mudança de comportamento profissional é fundamental quando o assunto é o futuro do planeta e deve ser adotada de imediato. Pensando assim, o autor considera este trabalho, uma contribuição inicial da sua parte e poderá servir de incentivo para outros.

O fato do projeto utilizado na pesquisa ser real e ter o empreendedor como motivador para a aplicação de diversos conceitos para uma obra mais sustentável foi o principal motivo para o desenvolvimento deste trabalho, o qual poderá também servir para comprovações em pesquisas futuras, após a construção e estando o prédio operando.

A facilidade de acesso às informações e projetos da obra foi um fator decisivo para a escolha da pesquisa, pois não houve dificuldades nos levantamentos dos dados necessários ao trabalho.

Um item a ser explorado nessa pesquisa é a especificação de todos os materiais a serem utilizados na obra e a escolha do processo construtivo. Isso permitirá obter o conhecimento da origem dos produtos e verificar sua procedência e emissão de compostos orgânicos voláteis, fatores esses imprescindíveis para o objetivo em se construir respeitando o meio ambiente.

1.2 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal dar uma contribuição relativa às ações sustentáveis aplicadas em um projeto usado como modelo, referente a uma edificação de ensino superior utilizando as categorias da metodologia *LEED Schools NC - v3* de forma qualitativa.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos desta pesquisa, se pode destacar:

- Projetar um edifício aplicando as categorias da metodologia *LEED Schools NC - v3* como referências para uma construção de conceito sustentável e baixo impacto ambiental.
- Pesquisar novas técnicas construtivas capazes de atender às necessidades da edificação em relação à redução dos impactos ambientais, da utilização de energia limpa como alternativa parcial, redução do consumo de água, qualidade do ambiente interno e ganho de desempenho.
- Pesquisar materiais de baixa emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) e de procedência certificada em substituição aos materiais tradicionalmente empregados, que não contribuem para a qualidade do ar interno principalmente em estabelecimentos educacionais;

- Projetar um sistema capaz de reduzir o consumo de água tratada através do aproveitamento da água de condensação de ar condicionado para uso em descargas sanitárias e da água da chuva para manutenção de garagens, calçadas e jardins.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O primeiro capítulo deste trabalho faz uma introdução ao foco da dissertação, demonstrando os recortes relativos aos objetivos, geral e específicos, contextualizando, antes, a situação da construção civil no Brasil, no intuito de justificar o tema da construção sustentável aplicada ao projeto de uma edificação para uso educacional.

O segundo capítulo aprofunda-se no tema da sustentabilidade na construção civil e do desenvolvimento sustentável no que tange às providências tomadas e tentativas de resolução relativas ao desenvolvimento urbano em todo o mundo visando, através da aplicação de ferramentas de certificação, a redução do impacto ambiental provocado por este, já que propõem a avaliação do desempenho dos resultados da edificação sustentável. Também os recursos e materiais para a concepção uma edificação energeticamente eficiente e confortável, conforme as categorias e créditos do *LEED Schools NC v3* foi abordada.

No capítulo três foi detalhada a metodologia aplicada ao trabalho, além dos pressupostos e da concepção projetual. São demonstradas as características da construção, suas fases e interfaces recorrentes ao processo de projeção e concepção, ilustradas com as plantas baixas e esquemas representativos dos sistemas aplicados.

O quarto capítulo aborda as ações projetuais relacionadas às categorias da metodologia de certificação *LEED Schools NC v3* e os critérios aplicados ao projeto utilizado como referência desta pesquisa.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões finais, baseadas nos resultados já apresentados no quarto capítulo, de modo a elucidar os resultados alcançados com a aplicação da ferramenta de certificação aplicada a este trabalho.

No sexto capítulo seguem-se as referências bibliográficas das citações do trabalho e a literatura técnica consultada.



CAPÍTULO 2
SUSTENTABILIDADE
NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

É notória a necessidade de conhecimento, conceitos e definições que envolvem o assunto em questão, assim como uma abordagem geral da aplicação destes na área da construção civil. Pretende-se, pois, através da revisão bibliográfica, estabelecer um panorama da evolução desse tema, indicando seus aspectos principais, pois se trata de um grande desafio o engajamento de toda cadeia produtiva e consumidores na opção pela sustentabilidade.

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A primeira reunião de caráter global em prol da discussão sobre a preservação do meio ambiente aconteceu em 1972. A conferência reuniu 113 países e 400 ONGs do mundo inteiro, tornando-se um ponto de partida para discussões sobre a temática do Meio Ambiente no mundo.

Em 1987, o documento *Our Common Future*⁷ ou, como é conhecido, Relatório Brundtland, apresentou um novo olhar sobre o desenvolvimento, definindo-o como o processo que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades (MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2011). Em outras palavras, é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas.

A partir desse relatório aconteceram várias iniciativas de nível internacional, na tentativa de definição de “desenvolvimento sustentável”. Em 1992, 172 países se reuniram no Rio de Janeiro, na conferência conhecida como Eco 92, que teve como objetivo principal alcançar equilíbrio justo entre as necessidades econômicas, sociais e ambientais das gerações atuais e futuras. Dentre os acordos aprovados destaca-se a Agenda 21, um plano mundial que visa a promover um novo padrão de

⁷ Tradução: Nosso Futuro Comum

desenvolvimento, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência (BISSOLI, 2003).

Em 1999, o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*⁸ (CIB) definiu uma agenda ambiental para o setor da construção civil: Agenda 21 da Construção Civil. Dentre as metas englobadas pela agenda estão a redução do consumo energético e da extração de recursos minerais, a conservação das áreas naturais e da biodiversidade, a manutenção da qualidade do ambiente construído e a gestão da qualidade do ar interior (DEGANI & CARDOSO, 2004).

Outra iniciativa que merece destaque é a Conferência das Nações Unidas para os Assentamentos Urbanos, ou Agenda Habitat II, que tem como metas moradias para todos e desenvolvimento de assentamentos humanos sustentáveis. Embora essa agenda defenda os aspectos de assentamento humano, várias seções tratam especificamente da indústria da Construção civil e de como os governos deveriam incentivar algumas práticas desse setor.

A partir das discussões ocorridas nesses eventos, as práticas necessárias para um desenvolvimento sustentável se desenvolveram e disseminaram por todo o mundo, auxiliando na concepção de novos conceitos e de metodologias que se comportam como ferramentas de auxílio nas etapas de concepção e produção de edificações, conforme o exposto no quadro 1.

O evento realizado no Rio de Janeiro em 2012 reuniu a maior cúpula da história da ONU, reuniu durante 10 dias líderes e representantes de 191 países, 20 anos depois da histórica Rio92 no Rio de Janeiro, que tomou decisões para combater as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade e a desertificação.

O documento final que será adotado pelos líderes mundiais cita as principais ameaças ao planeta: desertificação, esgotamento dos recursos pesqueiros, contaminação, desmatamento, extinção de milhares de espécies e aquecimento climático, catalogado como "um dos principais desafios de nossos tempos".

O documento cita que foram renovados os compromissos com o desenvolvimento sustentável, para garantir a promoção de um futuro economicamente, socialmente e ambientalmente sustentável para nosso planeta e para gerações futuras e

⁸ Tradução: Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação em Edificações e Construções

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

presentes, mas houve segmentos da sociedade civil que consideraram o acordo final abstrato e não correspondendo à realidade, acrescentando que o que foi visto não é o mundo que queremos, mas sim um mundo no qual as corporações poluidoras e aqueles que destroem o meio ambiente dominam. O texto adota os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, com metas para avanços sociais e ambientais dos países e que substituirão as Metas do Milênio da ONU, quando estas expirarem em 2015 (BAND, 2012).

O secretário-geral da ONU, Ban Ki-moon comenta que, para 2030, será preciso 50% mais alimentos, 45% mais energia e 30% mais água apenas para viver como se vive hoje. Para 2050, estima-se que a população mundial será de 9,5 bilhões de pessoas.

Quadro 1 - Eventos geradores de discussões em torno do desenvolvimento sustentável mundial e as práticas e documentos adotados e gerados a partir destas reuniões. Continuação.

ANO	SEDE DA CONFERÊNCIA	PRÁTICA ADOTADA
1972	Estocolmo, Suécia	Declaração estabelece através de 19 princípios as bases para a nova agenda ambiental da ONU, em função de debates sobre catástrofes, conflitos ambientais, gestão dos ecossistemas, governança ambiental, substâncias nocivas, eficiência dos recursos naturais e mudanças climáticas.
1938	Nova York, EUA	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente, presidida pela médica Gro Harlem Brundtland e instituída para ser um fórum independente, responsável pela criação de uma agenda de ação de longo prazo.
1992	Rio de Janeiro, Brasil	Produção da Agenda 21, conjunto de resoluções elaborado para ser aplicado de forma global, nacional e localmente, por órgãos ligados à ONU.
1997	Nova York, EUA	Assembléia Geral realiza sessão especial chamada de Cúpula da Terra +5, para revisar e avaliar a implementação da Agenda 21.
2002	Joanesburgo, África	O Objetivo principal da Rio+10 era realizar um balanço das conquistas e dos novos desafios das questões apresentadas durante a ECO 92. Os líderes mundiais reafirmaram o compromisso de priorizar a luta a favor do desenvolvimento sustentável.
2007	São Paulo, Brasil	Agenda 21 (2002). Conselho da Construção Sustentável. Tem o objetivo de induzir o setor da construção a Utilizar práticas mais sustentáveis, que venham melhorar a qualidade de vida dos usuários, dos trabalhadores e do ambiente que cerca as edificações.

SUSTENTABILIDADE NA COSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 2 - Eventos geradores de discussões em torno do desenvolvimento sustentável mundial e as práticas e documentos adotados e gerados a partir destas reuniões. Conclusão.

2012	Rio de Janeiro, Brasil	A declaração final da Rio+20 (Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável), ratificadas pelos chefes de Estado e de governo das Nações Unidas, terminou com um texto de 53 páginas, com boas intenções e o lançamento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.
------	------------------------	---

Fonte: Acervo Pessoal

O evento ocorrido em 1992 no Brasil, denominado RIO-92, teve sua convenção assinada inicialmente por 154 países e entrou em vigor em 1994, quando os representantes dos países signatários da Convenção-Quadro passaram a se reunir anualmente. No ano seguinte, em Berlim (Alemanha), foi realizada a primeira Conferência das Partes da Convenção – COP, a qual, nos anos que se seguiram, passou a ser realizada em vários outros lugares, conforme o quadro 2.

Quadro 3 - Relação das Conferências das Partes da Convenção – COPs e os resultados obtidos de cada evento. Continuação.

ANO	SEDE	RESULTADOS OBTIDOS
1995	Berlim, Alemanha	Resultou no Mandato de Berlim que estabeleceu dois anos de análises e avaliações sobre o tema. Esta fase resultou em um catálogo de instrumentos, onde os países membros podiam escolher e, assim, compor um conjunto de iniciativas que correspondessem às suas necessidades.
1996	Genebra, Suíça	Aprovação do relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC, com o objetivo de criar bases para lidar com decisões políticas sobre o aquecimento global. Publicado em 1995. Ficou estabelecido que cada país deveria ter a liberdade para escolher as soluções mais relevantes de acordo com a sua situação.
1997	Kyoto, Japão	Aceito o Protocolo de Kyoto, onde foram incluídas metas obrigatórias para a redução da emissões de gases do efeito estufa de 2008 a 2012. 37 países industrializados ratificaram o protocolo.
1998	Buenos Aires, Argentina	Nela ficou claro que havia muitas questões pendentes relativas ao Protocolo de Kyoto. Em Buenos Aires ficou estabelecido um período de dois anos para esclarecer e desenvolver ferramentas para a implementação do protocolo.
1999	Bonn, Alemanha	A conferência foi dominada por discussões técnicas sobre mecanismos do protocolo de Kyoto.
2000	Haia, Holanda	Nessa conferência, ficou claro que havia uma incerteza quanto às possibilidades de aplicação de sanções, que deveriam ser adotadas para aqueles países que não fizessem jus às suas obrigações de reduzir as emissões. A reunião terminou quando os países da União Européia recusaram uma proposta de compromisso, fazendo as negociações fracassarem. Ficou certo que as negociações seriam retomadas em uma conferência

SUSTENTABILIDADE NA COSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 3 - Relação das Conferências das Partes da Convenção – COPs e os resultados obtidos de cada evento. Continuação.

		extraordinária em julho de 2001.
2001	Bonn, Alemanha	Edição Extraordinária do Evento. Constituiu-se como a continuação da COP 6, de 2000.
2001	Marrakesh, Marrocos	As negociações a respeito do protocolo de Kyoto estavam quase completas. Os resultados foram reunidos em um documento chamado “Acordos de Marrakesh”.
2002	Delhi, Índia	Os países da União Européia, liderados pelo presidente da Dinamarca, tentaram sem sucesso obter uma declaração na qual pedia mais ação das partes em relação à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas – UNFCCC.
2003	Milão, Itália	Esclarecimento dos últimos detalhes técnicos sobre o Protocolo de Kyoto.
2004	Buenos Aires, Argentina	Discussões em relação ao que aconteceria quando o Protocolo de Kyoto expirasse em 2012.
2005	Montreal, Canadá	Ocorreu juntamente com a conferência anual entre das partes do Protocolo de Kyoto (CMP ou COP/MOP). O foco de ambas foi o que deve acontecer após o Protocolo expirar em 2012.
2006	Nairóbi, Quênia	As últimas questões técnicas remanescentes em relação ao Protocolo de Kyoto foram respondidas. O trabalho envolvendo a obtenção de um novo acordo para o período pós Kyoto continuou e uma série de marcos foi estabelecida em um processo rumo a um novo acordo.
2007	Bali, Indonésia	O desejo de um novo acordo pós Kyoto deu um passo significativo nessa conferência. Primeiro, com o mais recente relatório do IPCC e suas conclusões, que mostram que os sinais do aquecimento global são inequívocos, segundo pela elaboração de um documento feito para uma atuação mais rápida nessa área e, finalmente, pela adoção do Plano de Ação de Bali. Este plano trouxe o cenário para as negociações de um novo acordo na Conferência de Copenhague. Além disso, é visto pelos observadores internacionais como o “Mapa do Caminho”.
2008	Poznan, Polônia	Nessa conferência o trabalho na direção de um novo acordo climático global continuou. As partes chegaram a um acordo sobre o programa de trabalho e plano de reunião para a Conferência de Copenhague e sobre a operacionalização do Fundo de Adaptação, que vai apoiar medidas de adaptação concretas nos países menos desenvolvidos.
2009	Copenhague, Dinamarca	A conferência terminou com um acordo fraco e sem valor de lei, adiando para a COP 16 as decisões importantes, como metas de redução de emissões globais e os compromissos dos países ricos ou em desenvolvimento.
2010	Cancún, México	Alguns acordos foram fechados. Um deles determina a criação do Fundo Verde do Clima, para administrar o dinheiro que os países desenvolvidos se comprometeram a contribuir para deter as mudanças climáticas. São previstos US\$ 30 bilhões para o período 2010-2012 e mais US\$ 100 bilhões anuais a partir de 2020. Outro acordo foi a manutenção da meta fixada na COP 15 (em Copenhague) de limitar a um máximo de 2°C a elevação da temperatura média em relação aos níveis pré-industriais. No entanto, os participantes deixaram para decidir no encontro seguinte, em Durban (África do Sul), no final de 2011, o futuro do Protocolo de Kyoto, documento que expira em 2012 e obriga

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 3 - Relação das Conferências das Partes da Convenção – COPs e os resultados obtidos de cada evento. Continuação.

		37 países ricos a reduzirem suas emissões de dióxido de carbono (CO ₂) e outros gases. Apenas a Bolívia, entre os 194 países presentes na COP 16, foi contra a aprovação dos acordos por considerá-los insuficientes.
2011	Durban, África do Sul	Fixa para 2013 o início do segundo período de compromissos, evitando um vazio na luta contra a mudança climática, mas deixando para reuniões posteriores sua data de finalização - 2017 ou 2020. O aumento de metas de redução de emissões que devem ser realizadas pelos países desenvolvidos será postergado para 21 de junho de 2012 e será avaliado na COP-18 do Catar. A COP-17 conseguiu traçar um roteiro - proposto pela União Européia (UE) - para a adoção de um novo acordo global vinculante de redução de emissões de gases do efeito estufa, aplicável a todos os países, ao contrário de Kyoto, que só inclui os Estados desenvolvidos. Após um pacto entre a Índia e a União Européia, o documento final decide iniciar as negociações para adotar, em 2015, um "resultado com força legal" para todos os países. A ambiguidade do termo transfere a cúpulas posteriores a verdadeira negociação, que consistirá em estabelecer exatamente o marco legal e as obrigações às quais se submeterão os países que o ratificarem. O novo acordo global deverá estar pronto antes de 2020, período em que finalizam os compromissos voluntários de cortes efetuados pelos Estados na cúpula da cidade mexicana de Cancún (COP-16) de 2010.

Fonte: Acervo Pessoal

A COP 18 está prevista para acontecer em Doha, no Catar em novembro de 2012. Outro evento focado na sustentabilidade é o SASBE - Smart and Sustainable Build Environments: Emerging economies. A conferência Global que já passou pela Austrália (2003), China (2006), Holanda (2009) e, em junho de 2012, na cidade de São Paulo. Organizado pela Unicamp e Universidade Federal do Espírito Santo, em parceria com a International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), o evento foi realizado no Brasil pelo Comitê de Meio Ambiente (Comasp) do SindusCon-SP. As próximas edições serão, em 2015, na África do Sul e, em 2018, nos Estados Unidos.

As principais linhas de atuação da conferência são as edificações sustentáveis, novas tecnologias, sistemas construtivos e de projeto, melhorias nas técnicas de projeto e edificação em busca da sustentabilidade, gerenciamento e conhecimento em inovação e sustentabilidade para meio ambiente construído e comunicação, educação e treinamento para os princípios de desenvolvimento sustentável

2.2 ECO-EFICIÊNCIA

A ecoeficiência, segundo o *World Business Council for Sustainable Development* WBCSD (2003), é alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, ao tempo que reduz progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida, a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra.

Ter a ecoeficiência como estratégia produtiva significa combinar desempenho econômico e desempenho ambiental para criar e promover valores com menor impacto ambiental. Dentro desta prerrogativa, diversos autores relatam em seus trabalhos que a inserção de alguns elementos de ecoeficiência nos processos produtivos podem melhorar o desempenho da organização. Os elementos propostos se resumem, geralmente, aos seguintes: redução do consumo de materiais com bens e serviços; redução do consumo de energia com bens e serviços; redução da emissão de substâncias tóxicas; intensificação da reciclagem de matérias; maximização do uso sustentável de recursos renováveis; prolongamento da durabilidade dos produtos e agregação de valor aos bens e serviços (MICHELINI *et al.*, 2004).

Segundo Holliday, C.; Schmidheiny, S. e Watts, P. (2002), muitos são os motivos pelos quais as organizações avaliam sua Ecoeficiência. Aí se incluem o monitoramento e a documentação do desempenho e do progresso, a identificação e a priorização de oportunidades de melhorias, assim como a localização de possíveis economias de custos e outros benefícios relacionados a Ecoeficiência.

Conforme definido pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), Eco-eficiência é alcançada através do fornecimento de produtos a preços competitivos, e serviços que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, enquanto, progressivamente, reduzem os impactos ecológicos e a intensidade de do uso de recursos ao longo do ciclo de vida, para que esse seja compatível com a capacidade estimada suportada pela Terra (WBCSD, 2000). Em suma, o conceito consiste na produção de mais valor com menos impacto. O termo é

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

definido pelo relatório da Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) como: “Eco-eficiência expressa a eficiência com o qual os recursos ambientais são usados para suprir a necessidade humana”. O mesmo relatório também afirma que o conceito pode ser definido como a razão entre o valor dos produtos ou serviços e impactos ambientais, conforme demonstrado na equação 1 (MICHELINI *et al.*, 2004).

Equação 1

$$\text{ECO-EFICIÊNCIA} = \frac{\text{Valor de produtos ou serviços}}{\text{Impacto Ambiental}}$$

Fonte: Adaptado de Holliday, C.; Schmidheiny, S. e Watts, P., 2002, *apud* Michelini, 2004.

Basicamente, Segundo Holliday, C.; Schmidheiny, S. e Watts, P. (2002), aplicando essa equação básica, as empresas têm condições de calcular de várias maneiras a Ecoeficiência. A escolha dos indicadores dependerá das necessidades específicas de cada setor e empresa.

No relatório de “Liderança em Eco eficiência para o desenvolvimento econômico e ambiental melhorado” em 1996, o WBCSD identificou sete elementos incluídos no conceito de eco-eficiência:

- Reduzir a intensidade de uso de materiais na produção de bens e serviços
- Reduzir a intensidade de uso de energia na produção de bens e serviços
- Reduzir a dispersão de substâncias tóxicas
- Melhorar na reciclagem de materiais
- Maximizar a utilização de recursos renováveis
- Estender a durabilidade dos produtos
- Aumento da intensidade dos serviços de bens e serviços.

É perceptível, conforme exposto, que eco-eficiência é essencialmente um conceito de negócio, pois consiste na concepção de agregar mais valor aos materiais e a energia, com menor impacto ambiental possível, se aplicando tanto em empresas que desenvolvem ou comercializam o produto, quanto nas que o fabrica ou distribui (WBCSD, 2000).

2.3 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

O apelo ecológico vem norteando diversos projetos arquitetônicos, de modo que a Indústria da Construção e a Arquitetura começam a apresentar uma legítima preocupação com os impactos causados pelo setor e a desenvolver projetos com caráter sustentável.

Por ser um assunto relativamente novo, existem várias definições para a Arquitetura Sustentável e, além das informações serem incompletas e desencontradas, são modificadas repentinamente. Desse modo, o pesquisador autor deste projeto define arquitetura sustentável como:

Arquitetura como parte do habitat vivo, estreitamente ligada ao sítio, valorizando os aspectos culturais, sociais e naturais da região, com enfoque na maior eficiência econômica com menor impacto ambiental, visando à utilização consciente de matérias-primas; ao uso racional e eficiente de água e energia; ao aproveitamento de estruturas pré-existentes; e à gestão eficaz do consumo de materiais, desde a concepção do projeto, com uma seleção criteriosa, passando pela produção até a utilização do empreendimento. Desse modo, a arquitetura sustentável se compromete a reduzir impactos e modificações adversas no ambiente e a aumentar o desempenho ambiental dos espaços construídos, através de estratégias de projeto inovadoras e novas tecnologias, garantindo a qualidade de vida do presente, sem comprometer as necessidades futuras.

“Nunes, Carreira e Rodrigues (2009) consideram arquitetura verde, arquitetura ecológica e ecoarquitetura como sinônimos de Arquitetura Sustentável. Corbella e Yannas (2003), afirmam que a Arquitetura Sustentável é, na verdade, uma continuação natural da Arquitetura Bioclimática. Edwards (2008) considera simplesmente a Sustentabilidade na Arquitetura como um conceito complexo [...] “O momento da arquitetura brasileira a respeito da sustentabilidade ainda é de definições das reais necessidades e possibilidades” (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Esta indefinição tem levado alguns profissionais a vangloriar seus projetos como sustentáveis, sem que haja realmente caract

erísticas dignas do adjetivo em suas obras: “A sustentabilidade em arquitetura não pode se confundir com os cuidados técnicos, condições a priori de qualidade” (GONÇALVES; DUARTE, 2006).[...]

[...] Amodeo, Bedendo e Fretin (2006) indicam a responsabilidade dos arquitetos nesta questão por serem profissionais que sempre demonstraram comprometimento com a qualidade de vida e com a paisagem urbana, alardeando criatividade. Logo, estes mesmos profissionais deveriam demonstrar igual comprometimento “na busca de soluções técnicas, econômicas e sociais viáveis para o desenvolvimento da sustentabilidade” (18).

Embora haja discordância entre as definições para Arquitetura Sustentável, o que parece ser de comum acordo entre os diversos autores é que “(...) as preocupações devem começar desde o projeto, prosseguirem durante a construção e participarem da etapa de utilização” (33)” (CÂNDIDO,2012)

Percebe-se que o arquiteto desempenha uma função importantíssima no aspecto sustentável dos elementos construídos, visto que as áreas mais relevantes para a discussão da sustentabilidade são dependentes da concepção do projeto. Isso porque, quando um arquiteto projeta um edifício, é preciso que ele seja cuidadoso nas especificações dos mecanismos, elementos e tecnologias desde o projeto até a construção, de maneira que os métodos e materiais utilizados causem o menor impacto possível ao meio ambiente e possibilitem que a construção apresente bom desempenho ambiental. Assim, é preciso que o profissional possua conhecimentos multidisciplinares sobre os assuntos a seguir.

2.3.1 Recursos

Recursos são os implementos e suprimentos consumidos pela construção (ARAÚJO, 2006), que podem ser físicos, como matérias primas, materiais, mão-de-obra e equipamentos, ou financeiros.

Segundo Souza (2005), a Indústria da Construção Civil consome de 100 a 200 vezes mais material que a Indústria Automobilística. Ademais, a cadeia produtiva da Construção é responsável pelo consumo de 14% a 50% dos recursos naturais extraídos no planeta. No Japão, responde por 50% dos materiais circulantes na economia e, nos Estados Unidos da América (EUA), relaciona-se a 75% dos materiais (SOUZA; DEANA, 2007).

Portanto, diante de sua influência na macroeconomia e de seus impactos em termos sociais e ambientais, estudar o consumo de materiais de construção, bem como sua gestão adequada no empreendimento, é de suma importância, principalmente para o

arquiteto, para que seja alcançado o patamar da sustentabilidade do setor de construção civil.

2.3.2 Energia

O consumo de energia tem aumentado no mundo todo, devido ao modo de vida e às crescentes exigências da população, já que, nas edificações, procura-se cada vez mais conforto, através de sistemas e equipamentos supridos com energia proveniente de fontes não renováveis (LAMBERTS; TRIANA, 2007). Os edifícios são responsáveis diretamente por cerca de 30% do consumo total de energia, mas, incluindo os gastos indiretos, chega a 50% (CIB, 2000). Para o setor conseguir manter um consumo de energia mais racional, é preciso tomar medidas de eficiência energética nos projetos de edificações, ou seja, proporcionar aos edifícios as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia. Para tal, é preciso que o setor da construção invista no uso racional de energia e em alternativas de fontes renováveis, assim como na utilização de tecnologias que promovam maior desempenho térmico e energético dos edifícios, como, por exemplo, mecanismos de sombreamento ou com características de isolamento.

2.3.3 Água

Devido ao aumento do consumo de água e sua grande escassez em algumas regiões, esse líquido passou a ser considerado como um bem econômico, conforme Agenda 21, conferida em 1992. (COSTA; BARROS JUNIOR, 2005).

Mesmo conhecido como planeta água, por possuir dois terços de sua superfície coberta por água, a Terra tem uma quantidade de água doce que representa apenas 3,0% de toda sua reserva. Vale salientar que essa reserva não se encontra totalmente disponível para o consumo humano. Segundo TRINIDAD *et al.* (2001), apenas 0,6% representa a reserva total aproveitável pelo homem. Para Berner (1987), esse valor alcança a cifra de 1%. Isso porque a maior quantidade de água doce se armazena nas geleiras. Das águas disponíveis e próprias ao consumo

humano, 90% encontram-se no subsolo e estão em constante risco de contaminação. O restante se distribui em lagos, rios, etc. (COSTA; BARROS JUNIOR, 2005).

Esses dados pesquisados levaram o autor a reconhecer a gravidade do problema relativo ao consumo e à disponibilidade de água. No capítulo 4, item 4.2, foi abordado, de forma inovadora, um sistema criado pelo autor para aproveitamento de água de condensação de evaporadores de ar condicionado para uso em descargas sanitárias.

Na indústria da construção, em especial, na fase de operação dos edifícios, a água é responsável por significativa parcela do impacto sobre o meio ambiente. As perdas de água nos sistemas prediais, devido à má qualidade de materiais, de componentes e de procedimentos relacionados ao uso inadequado, resultam em maiores volumes de consumo e de insumos necessários para o tratamento de água e de esgoto, além da degradação ambiental para a produção desses insumos (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

É preciso implantar um racional uso de água nas edificações, de forma que a redução do consumo seja resultante de um sistema predial integrado que garanta sempre a qualidade necessária para a realização das atividades consumidoras com o mínimo de desperdício.

As medidas para um sistema de gestão da água devem ser adotadas, sempre que possível, na fase de projeto, e implicam a redução do volume de efluentes gerados, a partir da otimização do uso, especificando equipamentos hidráulicos economizadores de água, por exemplo; reaproveitamento da água para usos não nobres como bacias sanitárias ou irrigação; captação da água da chuva por meio de calhas ou lajes impermeabilizadas; e reciclagem da água servida, prevendo-se a locação de um espaço para o tratamento (ARAÚJO, 2004).

Um número crescente de países está agora experimentando a falta de água devido a uma maior demanda de água utilizável e uma falha de proteção disponível para protegê-la da poluição. A água é um bem precioso e escasso que deve ser bem gerida e efetivamente utilizado (REZAEI, 1999).

Gestão dos recursos hídricos é um dos maiores desafios do século atual. Enquanto as populações crescem, os aumentos *per capita* de uso e abastecimento de

água atuais crescem em menor escala, os recursos hídricos estão cada vez mais críticos a nível mundial. A maioria das áreas urbanas enfrentam escolhas difíceis e com soluções caras para atender à demanda existente e futura (DONOFRIO *et al.*, 2009).

Na indústria da construção civil, em especial, na fase de operação dos edifícios, a água é responsável por significativa parcela do impacto sobre o meio ambiente. As perdas de água nos sistemas prediais, devido à má qualidade de materiais, de componentes e de procedimentos relacionados ao uso da água inadequados, resultam em maiores volumes de consumo e de insumos necessários para o tratamento de água e de esgoto, além da degradação ambiental para a produção desses insumos (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Um dos principais princípios de desenvolvimento sustentável de aplicação global citado na Declaração do Rio, conhecida como Agenda 21 lançada na Rio-92, cita que, devido ao aumento do consumo e sua grande escassez em algumas regiões, a água passou a ser considerado como um bem econômico e descreve “A crescente escassez de água: uma questão-chave que esta relacionada com o clima mais quente, assim como o aumento da população e da poluição”. (ROAF, *et al.*, 2009).

Hoje a preocupação com a construção sustentável é evidente e várias metodologias têm sido criadas no sentido de avaliar o desempenho ambiental dos edifícios, entre elas o *LEED Schools NC - v3 (Leadership in Energy and Environmental Design)*, o *CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency)* e o *BREEAM (Building Establishment Environmental Assessment Method)* usadas como ferramentas para aplicações em projetos e obras, com a finalidade de diminuir os impactos ambientais causados pelas construções, reduzir o consumo de materiais, aumentar o desempenho e durabilidade prolongando o ciclo de vida do prédio e proporcionar menor custo operacional e de manutenção (ARAUJO, 2009). Dentre estas metodologias o consumo de água é sempre considerado com peso significativo nos resultados esperados. O *LEED Schools NC - v3* tem como meta a redução de 50% no consumo de água com o reaproveitamento de águas usadas.

O tema reuso de água desencadeou diversos trabalhos e pesquisas principalmente em países com maior escassez desse líquido. Na maioria dos casos, o reaproveitamento se dá nas indústrias (HESPANHOL, 2003) e na agricultura,

recebendo um tratamento diferenciado dependendo do fim a que se destina. O mercado da construção civil já deu sinais atrativos nesse seguimento, evidenciando as vantagens de se construir de forma a obter redução de consumo e engajamento na construção verde indústrias (HESPANHOL, 2005).

Projetos que visem ao eficaz tratamento de água, gestão e reutilização têm sido implantados em países do Mediterrâneo e do Oriente Médio, visando a aumentar a segurança de abastecimento de água através da sensibilização e a implementação de soluções inovadoras para cada realidade (PETTA, 2007)

A escala, a qualidade da água, os critérios de segurança e a gestão da água reutilização precisam ser estudados e melhorados. O reuso da água foi realizado em larga escala em países como a China, onde as várias estações de tratamento que estão operando apresentam resultados crescentes em termos de porcentagem de reuso de água para melhorar a sustentabilidade ambiental (Y ZHOU, 2011).

A construção civil apresentou o reúso de água em edifícios para vários fins, na maioria dos casos sendo a reutilização de águas cinzentas e de águas pluviais. Um resultado efetivo da reutilização de águas cinzas após tratamento químico e físico é obtido para lavagem dos banheiros em edifícios verticais (E FRIEDLER, 2005).

Outro método utilizado nas construções é a reutilização de água da chuva, de modo a reduzir o consumo. Essa água tem uma qualidade relativamente boa e, depois de algumas poucas fases de tratamento, pode ser usada como potável e não potável, encontrando várias exigências na operação de um edifício (HONGYUAN, 2011).

Dentro deste contexto, este trabalho objetiva colaborar com a redução do consumo de água potável e demonstrar a viabilidade no aproveitamento de água drenada da condensação dos evaporadores de ar condicionado para o uso nas descargas sanitárias numa edificação com atividade comercial ou institucional trazendo com isso grande economia de água.

2.3.4 Materiais

Simplificadamente, um empreendimento pode contemplar três grandes etapas: a da concepção, em que, além de uma série de outras decisões, definem-se o produto que será executado; a da produção, na qual tal produto é constituído; e a da utilização, em que o produto é usado e mantido/reparado até o final de sua vida útil (SOUZA; DE ANA, 2007).

Embora na etapa de concepção não haja consumo propriamente dito de material, essa fase é definitiva na especificação dos materiais a serem utilizados na obra. Decisões quanto à forma da estrutura, por exemplo, podem influenciar na quantidade de material para compor as superfícies. Nota-se, também, que a falta de uma postura modular do projeto favorece a quebra de peças para adequação geométrica, o que provoca maior desperdício de materiais e, conseqüentemente, mais resíduos para o meio ambiente. É importante destacar que, nessa fase, o arquiteto deve prever o destino do material após o fim do seu ciclo de vida, ou seja, o que será feito dele daqui a 40 ou 50 anos, além de priorizar o uso de materiais locais, reduzindo emissões e consumo de energia e combustíveis. O profissional precisa visualizar o fim do ciclo de vida da edificação, para permitir que um prédio ou um produto seja desmontado e encaminhado para reuso ou reciclagem. Infelizmente, os fabricantes ainda não disponibilizam subsídios para a especificação. Faltam informações quanto à energia embutida em um material desde a extração da matéria-prima até a saída do produto da indústria, bem como sobre o percentual de reciclabilidade e procedimentos de descarte do material.

É preciso priorizar também o uso de materiais renováveis e com certificação, como madeiras e fibras vegetais certificadas, recursos recicláveis reutilizados ou com conteúdo reciclado, além dos que possuem menor energia incorporada na sua produção e/ou emitem menor quantidade de gás carbônico na fase de beneficiamento. Lembrando que o conceito de energia incorporada não pode ser usado como critério único para seleção de uma técnica construtiva, isto porque em concretos, por exemplo, a verdadeira energia incorporada depende fundamentalmente de decisões de projetos, como a quantidade de cimento,

relacionada à sua resistência e variabilidade do projeto, podendo variar até 80% (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Do planejamento, a etapa seguinte é a de produção, quando os materiais irão constituir o produto final. Nessa fase surgem os maiores problemas, como, por exemplo, a necessidade da utilização de mais material do que o previsto no projeto, a geração de resíduos e as dificuldades para encontrar uma destinação ideal. Erros durante a execução da obra podem acarretar maior consumo de materiais. Ao mesmo tempo, a falta de uma gestão do consumo de materiais tem como consequências desperdícios, perdas e aumento na produção de resíduos. Um exemplo muito comum são as lajes desniveladas produzidas nos canteiros de obra, proporcionando a necessidade do aumento da espessura média do contra-piso, induzindo à demanda maior de argamassa para sua execução.

Para maior desempenho ambiental nessa fase do empreendimento, é preciso incorporar aos procedimentos operacionais os novos conceitos ambientais, como buscar a redução de desperdícios, eliminando-os quando possível, promover a segregação dos materiais para reutilização no próprio canteiro, encaminhar os resíduos para reciclagem ou dar destinação compromissada para as áreas licenciadas com a utilização de transportadores credenciados.

Na fase de utilização, é preciso lembrar que o produto final, o edifício, é constituído de diversos produtos, como a pintura, os revestimentos cerâmicos, as louças dentre outros. Atividades de manutenção e recuperação dos pisos, paredes, esquadrias e instalações podem demandar considerável consumo de materiais, principalmente quando há falhas de execução diagnosticadas após a entrega da obra. Além disso, muitas vezes por razões meramente estéticas, o usuário decide eliminar, substituir ou adicionar algum elemento, efeito conhecido como “obsolescência funcional”, ocasionando desperdício de material e geração de resíduos (SOUZA; DEANA, 2007).

Para otimizar o uso dos recursos, é necessário que a gestão do consumo de materiais do empreendimento considere as fases em que pode haver maior ou menor utilização dos mesmos, assim como as perdas ocasionadas por cada uma das fases e sua origem. É importante lembrar que o consumo ocorre e torna-se

visível nas fases de produção e de utilização, mas o projeto é a principal fonte indutora do consumo, motivo pelo qual merece tanta atenção.

2.3.5 Resíduos

É ampla a importância dos resíduos gerados nos canteiros de obra, tanto pela quantidade que representam - da ordem de 50% da massa total dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas - como pelos impactos que causam, principalmente ao serem levados para locais inadequados (CARDOSO; ARAÚJO, 2007).

A carga mais importante que a indústria da construção e a sua utilização impõem ao meio ambiente é constituída pelo lixo sólido depositado em aterros que, em todo mundo, consiste em restos de construção e demolição na razão de 1:2 da construção para a demolição (CIB, 2000).

O entulho gerado, além de representar um alto custo ao construtor, impacta duplamente o meio ambiente. Primeiramente, ao induzir o aumento do consumo dos produtos e em seguida com o aumento dos volumes enviados às áreas de destinação, como aterros e, no caso de descargas ilegais, às áreas não adequadas, como terrenos baldios, córregos, encostas, entre outras.

O manejo inadequado, portanto, gera diversos impactos, a exemplo do esgotamento de jazidas e aumento do volume de aterros, pois, em função da triagem incorreta, materiais que poderiam ser reutilizados ou reciclados não o serão; alteração da qualidade das águas superficiais e aumento da quantidade de sólidos nos corpos d'água, por causa do carreamento de sólidos colocados em dispositivos inadequadamente protegidos pela água de chuva; alteração das condições de saúde do trabalhador, pelo acondicionamento inadequado, expondo-o à poeira; e incômodo para a comunidade, no caso da queda de resíduos no momento do transporte.

No Brasil existe uma política para gerenciamento destes resíduos como a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para o manejo e destinação dos entulhos, obrigando as indústrias a registrarem os dados de geração e destinação dos seus

resíduos para a formação do Inventário Nacional dos Resíduos Industriais (BRASIL, 2002). Os resíduos são classificados em A, B, C ou D e devem ser destinados ao local correto, não sendo permitida a disposição em aterros domiciliares, áreas de “bota fora”, encostas, corpos d’água, lotes vagos e áreas protegidas por lei. Embora a geração de resíduos num canteiro de obras seja inevitável, a Resolução determina que a prioridade deva ser a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

Buéh *et al.* (1997) afirmam que a redução do volume de resíduos gerados é a melhor expressão para a melhoria de desempenho ambiental da produção de setores industriais e de construção civil. Segundo os autores, essa redução pode ser alcançada a partir da otimização dos processos de transformação, aumento da durabilidade da vida de materiais ou produtos e reciclagem.

Ao mesmo tempo em que a construção civil é o setor responsável pela geração de mais da metade dos resíduos gerados pela sociedade, esse é, atualmente, o grande reciclador dos mesmos. A reciclagem de resíduos de construção e demolição, denominado RCD, iniciou-se na Europa após a segunda guerra mundial (DORSTHORST; HENDRIKS, 2000), e já é uma realidade de países como os Estados Unidos e o Japão. Na Holanda, por exemplo, o percentual de material reciclado atinge cerca de 90%, e os produtos de agregados reciclados, tanto de concreto, quanto de resíduos de construção e demolição misturados, são vendidos com certificados de qualidade, sendo que, como garantia, são realizadas constantes auditorias dos institutos de certificação nas usinas de reciclagem (DUARTE; LIMA, 2007).

No Brasil, ainda não há um grande mercado para os materiais reciclados, em razão da ausência de uma política ambiental que inclua mecanismos para o desenvolvimento desse mercado, tais como o uso do poder de compra do Estado; a implantação de sistemas de certificação dos produtos e processos, dentre outros (JOHN, 1996, *apud* DUARTE; LIMA, 2007).

Algumas usinas de reciclagem de resíduos de construção civil se instalaram em algumas cidades brasileiras, como Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP, São José dos Campos/SP, Piracicaba/SP, Londrina/PR, e Muriaé/RJ. As usinas de processamento

de resíduo devem funcionar conforme regularização da nova lei 12.305/2010 de Política Nacional de Resíduos Sólidos (ver anexos).

2.3.6 Ventilação e qualidade do ar em ambientes fechados

Os projetos de arquitetura precisam ser cautelosos e criteriosos quanto à qualidade interna dos ambientes das edificações. Muitos materiais de construção como concretos, telhas, revestimentos sintéticos, adesivos e produtos de madeira, contêm substâncias tóxicas que podem ser liberadas no ambiente, como tiocianato⁹ em concretos; chumbo, bromo, IPBC¹⁰, tolifluanida e DCOIT¹¹ em tintas para proteção de madeira; PCBs¹² em revestimentos de fachada e tintas; chumbos em tintas; e os compostos orgânicos voláteis (COVs) em adesivos, papéis de parede, carpetes, pinturas, removedores, e outros (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Quando se fala sobre qualidade do ar interno, é importante considerar e explicar o que são os “compostos orgânicos voláteis” (COVs). O termo “compostos orgânicos” engloba todos aqueles que contenham carbono e hidrogênio. Por sua vez, compostos orgânicos voláteis são aqueles que se volatizam em temperatura ambiente (CARMO; PRADO, 1999). Alguns dos compostos mais importantes encontrados no ambiente interno e suas fontes encontram-se no quadro 3.

Quadro 4 - Alguns compostos orgânicos voláteis e suas principais fontes.

COMPOSTO	PRINCIPAIS FONTES
Acetona	Pinturas, removedores, materiais usados para polimento.
Hidrocarbonetos Alifáticos (octanos, decanos, hexanos, etc.)	Pinturas, adesivos, gasolina, máquinas de fotocópia, tapetes, processos de combustão.
Hidrocarbonetos aromáticos (dentre eles, tolueno e benzeno)	Processos de combustão, pinturas, adesivos, gasolina, papel de parede.

Fonte: Adaptado de CARMO; PRADO, 1999, p 16.

⁹ Um tiocianato é formalmente conhecido como *rodaneto* (da palavra grega *pararosa*) por causa da cor vermelha de seus complexos com ferro. Tiocianatos são produzidos pela reação do elemento enxofre ou tiosulfato com cianeto

¹⁰ 3-Iodo-2-Propynyl Butyl Carbamate

¹¹ 4,5-Dichloro-2-n-octyl-4-isothiazolin-3-one

¹² Policloreto de Bifenilas

A exposição aos compostos orgânicos voláteis (COVs) pode causar danos agudos e crônicos à saúde, sendo as pessoas asmáticas ou com problemas respiratórios mais vulneráveis a exposições. O contato com altas concentrações podem causar reações de sensibilidade envolvendo o olho, pele e pulmões, e até deprimir o sistema nervoso central (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Vários problemas de saúde, causados por chumbo presente na tinta, poeira proveniente da madeira e amianto em telhas de fibrocimento, já foram identificados. Exposições agudas ao amianto causam problemas como irritação da pele e danos mais graves, como câncer de pulmão, mesotelioma (câncer envolvendo proliferação de celular mesoetial) e asbestosis (JONES, 1999, *apud* JOHN; OLIVEIRA; LIMA; 2007).

A partir da década de 70, a tendência em construir prédios hermeticamente fechados, com poucas aberturas para ventilação soluciona o problema do consumo de energia, mas, ao mesmo tempo, ignora os parâmetros que envolvem qualidade do ar no que se refere à saúde dos ocupantes (INMETRO, 2011).

Essa relação entre causa e efeito das condições ambientais observadas em áreas internas com reduzida renovação de ar e os níveis de agressão à saúde de seus ocupantes de origem física, química e/ou microbiológica, é denominada Síndrome do Edifício Doente (INMETRO, 2011).

Conforme Araújo (2006) é necessário que se tenha cuidado especial com poeiras e partículas geradas durante a construção, a ventilação inadequada e os ambientes úmidos, a qualidade e distribuição do ar, as emissões de equipamentos eletrônicos, como copadoras e impressoras laser e a escolha dos materiais para a decoração de ambientes e mobiliário.

Desse modo, conclui-se que o conforto térmico aliado à boa qualidade do clima interior, um adequado nível de isolamento acústico e boas condições de iluminação, exercem influências significativas no conforto e saúde dos usuários, bem como maior eficiência das atividades exercidas por eles, reduzindo os sintomas de síndrome do edifício doente.

2.4 CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O ambiente de construção civil contribui significativamente com o consumo de recursos, além de se comportar como um importante causador de impactos ambientais, como emissões de gases causadores do efeito estufa e geração de resíduos sólidos. A cadeia produtiva da construção consome pelo menos um terço do total de recursos naturais consumidos anualmente por toda a sociedade, e é responsável pelo uso de cerca de 40% da energia mundial, gerando até 30% das emissões globais de gases que aceleram o efeito estufa (ARNEL, 2010). No Brasil, esses dados são parecidos, visto que as construções respondem por cerca de 42% da energia consumida no país e 35% da emissão de gases. Estima-se também, que, em todo mundo, a taxa anual de resíduos da construção esteja entre 500 quilos por habitante, uma quantidade superior à do lixo doméstico. Nos Estados Unidos, por exemplo, o setor produz cerca de 136 milhões de toneladas de resíduos por ano (WGBC, 2010).

A primeira definição de construção sustentável foi proposta por Kibert (1994) como “criar e operar um ambiente saudável baseado na eficiência dos recursos e design ecológico”. Esse conceito aborda os aspectos ambientais, sociais e econômicos de um edifício no contexto da sua comunidade. Assim, construções sustentáveis podem ser definidas como edificações capazes de promover a saúde dos seus ocupantes e a eficiência dos recursos, minimizando os impactos da construção ambiental sobre o sistema ecológico natural.

Conforme o Relatório CIB (CIB, 2000, *apud* ARAÚJO, 2006), as categorias dos problemas identificados por trás da noção de construção sustentável podem ser classificadas como

- Problemas físicos ligados aos temas de recursos;
- Problemas biológicos ligados à vida humana; e
- Problemas sociológicos com facetas sócio-políticas, sócio-econômicas ou sócio-culturais.

Apesar do aumento da eficiência energética geralmente aumentar os primeiros custos de um edifício quando comparado a uma edificação tradicional, sem os recursos voltados para a sustentabilidade, a economia de energia durante o tempo

de vida da construção, muitas vezes torna tais custos compensatórios. Estes custos iniciais podem ser minorados para um projeto de construção integrado visto que a melhoria da eficiência reduz o tamanho do aquecimento e/ou sistema de refrigeração necessária para atender o aquecimento do pico e/ou as cargas de resfriamento (KNEIFEL, 2009).

2.4.1 Green Buildings

Recentemente, a literatura acadêmica tem apresentado inúmeros artigos e pesquisas acerca do crescimento meteórico do setor da construção verde. Há muitas definições para o conceito de *green buildings*, ou edifícios verdes, embora eles tenham uma ênfase comum na redução dos impactos ambientais da construção e manutenção de edifícios. A Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA) oferece a seguinte definição abrangente: "Construção verde é a prática de criar modelos mais saudáveis e com mais eficiência de recursos de construção, renovação, operação, manutenção e demolição" (USEPA, 2007, p.14). Já *Green Building* é uma chave para o movimento em prol da maior sustentabilidade urbana, complementando outras estratégias, tais como terraços jardins, parques urbanos e cinturões verdes (CIDELL; BEATA, 2008).

O conceito, desenvolvido na década de 90, define construções como fontes alternativas de energia, menor emissão de poluentes, uso de materiais recicláveis, maximização da iluminação natural, preservação das áreas verdes ou nativas, boa qualidade do ar interno, entre outras características de projeto (ARAÚJO, 2006).

Assim, os projetos concebidos dentro da classificação de edifício verde têm de seguir uma série de diretrizes, a começar pela escolha do local. Devem apresentar bom desempenho ambiental, adotando práticas como uso eficiente de água e energia, com processos mais econômicos e, no caso da água, que permitam sua reutilização, como pequenas estações de tratamento ou sistemas de coleta de água da chuva, cuidados com emissão de poluentes, trabalhar com materiais recicláveis e prover boa qualidade de ambiente interno. O uso de conceitos verdes permite um custo de construção e, principalmente, de operação e manutenção inferior a de um edifício convencional. Estudos revelam que, ao longo de 40 anos, 50% do custo de

um edifício comercial é referente às tarefas de operação. O custo de construção se restringe a 11%. Assim, quando um edifício é projetado aos moldes das “normas verdes” é possível obter uma economia entre 10% e 20% dos custos operacionais de um edifício (USGBC, 2005).

2.4.2 Análise do ciclo de vida

Todos os produtos causam danos ao ambiente de certa forma. As matérias-primas precisam ser extraídas, os produtos devem ser fabricados, distribuídos e embalados. Em última instância, devem ser eliminados. Além disso, os impactos ambientais ocorrem frequentemente durante o uso de produtos, porque esses consomem energia ou material.

Dada a complexidade da interação entre o ambiente natural e construído, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) representa uma abordagem global para analisar os impactos ambientais do edifício como um todo. A ACV é um processo que quantifica e avalia os fluxos de materiais e energia de um sistema. Normalmente, a montante (extração, produção, transporte e construção), o uso e a jusante (desconstrução e eliminação) dos fluxos de um produto ou serviço do sistema são inventariados em primeiro lugar. Posteriormente, são calculados os impactos globais e/ou regionais, com base no consumo de energia, geração de resíduos e categorias de impacto (por exemplo, o aquecimento global, destruição da camada de ozônio e acidificação), prevendo uma avaliação de como os impactos serão distribuídos durante os processos e etapas do ciclo de vida (SCHEUER; KEOLEIAN; REPPE, 2003).

A ACV tem sido reconhecida como a forma mais abrangente e potencialmente mais eficiente para a avaliação ambiental de produtos (Weidema, 2000, *apud* John, Oliveira, Lima, 2007) e, provavelmente, será, no futuro, uma ferramenta prática para seleção de materiais do ponto de vista ambiental.

A base de uma ACV é o Inventário do Ciclo de Vida (ICV), uma quantificação de todas as cargas ambientais “da origem ao fim” ou “origem a origem” de um produto. A ACV é normalizada pela série ISO 14040-14042 (ISO, XXXX) e é amplamente documentada (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A ACV pode ser considerada um método de avaliação de desempenho ambiental, pois trabalha em termos de fins, mais do que meios. Por exemplo, o conteúdo energético considera um meio, o consumo de energia, como indicativo de impactos de depleção de combustíveis fósseis e de emissões de efeito estufa. A ACV, por sua vez, considera diretamente o impacto de uma emissão ou do consumo de recursos resultante de um meio (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007)

Os estudos de ACV são geralmente compostos por quatro fases: definição de objetivo e escopo, que determina as finalidades, as audiências e os limites do sistema; o ICV, que envolve a coleta de dados e cálculos para quantificar o material e energia entradas e saídas de um sistema de construção; avaliação de impacto, que considera a significância dos potenciais impactos ambientais com base no ICV; e a interpretação dos resultados, fase de avaliação dos resultados a fim de chegar a conclusões e fazer recomendações (SCHEUER; KEOLEIAN; REPPE, 2003).

Na fase de pré-construção, os pré-requisitos essenciais para a avaliação preliminar no produto são referentes ao processo de manufatura dos mesmos, englobando os impactos da extração dos recursos, a energia gasta e o fluxo maciço envolvidos na provisão de serviços, como, por exemplo, em transporte.

A avaliação da energia e do fluxo de carga envolvido na construção de uma edificação, de modo individual para cada elemento, como é feito no planejamento de custo, é a aproximação mais fácil e mais racional de análise. As informações a respeito do consumo energético do produto durante a manufatura e seu uso na construção são atribuídas a uma unidade funcional equivalente, de modo que, cada elemento utilizado representa um percentual do edifício a ser construído (SILVA, 2000, *apud* SILVA, 2007).

A análise dos impactos pós-ocupação para a saúde e o ambiente é baseada em ensaios e métodos de cálculo. Os resultados podem ser determinados verificando o uso da energia e/ou a quantidade consumida na extremidade final e de energia necessária ao funcionamento do edifício quando no uso, incluindo a energia requerida para condicionamento térmico, aquecimento de água, iluminação, ventilação, elevadores e outros serviços técnicos. O uso da energia é pautado em suposições referentes ao tipo e duração do uso, padrões de conforto térmico,

exigências dos usuários, posicionamento do edifício, clima, usos e aspectos culturais da comunidade (SILVA, 2007).

Já no fim do ciclo de vida do edifício, um inventário da energia é incorrido para a demolição e a eliminação do edifício, de modo que é necessária uma predição sobre a energia envolvida nos processos de demolição, remoção e eliminação dos resíduos (SILVA, 2007).

2.5 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL PARA EDIFÍCIOS

Atualmente, o movimento da construção sustentável está crescendo a uma taxa explosiva em muitos países ao redor do mundo. Como uma parte do sistema de entrega de edifícios sustentáveis, uma série de instrumentos de avaliação para edificações verdes têm sido desenvolvidos por algumas organizações de pesquisa nacionais ou internacionais.

O primeiro sinal da necessidade de se avaliar o desempenho ambiental de edifícios veio exatamente com a constatação de que, mesmo os países que acreditavam dominar os conceitos de projeto ecológico, não possuíam meios para verificar quão "verdes" eram de fato os seus edifícios.

Assim, os propósitos da maioria das ferramentas de avaliação são: avaliação do desempenho dos resultados da construção sustentável; orientar todo o processo da construção sustentável para alcançar os três pilares da sustentabilidade (crescimento econômico, equilíbrio ecológico, progresso social e equidade); e acelerar a evolução e transformação da indústria de construção tradicional.

2.5.1 Word Green Building Council

O *United States Green Building Council* (USGBC) é uma organização não governamental reconhecida internacionalmente com foco em sustentabilidade de edificações e empreendimentos imobiliários, criado em 1993 nos EUA.

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Hoje, cerca de noventa e seis países contam com conselhos nacionais. Como exemplos podem citar: Canadá, Emirados Árabes, China, Índia, Brasil, Coreia, México, Qatar, Porto Rico, Itália, Inglaterra, Espanha, Sri Lanka, Chile, Hong Kong, Taiwan, Tailândia, Arábia Saudita, Singapura, Filipinas, Kuwait, Rússia, Argentina, Alemanha, Portugal, dentre outros. No Brasil, esta organização é denominada GBC Brasil.

Com a missão de ser a voz global do *Green Building Council*, facilitando as transformações mundiais da indústria da construção sustentável, surge o *World Green Building Council* (WGBC). Essa organização internacional consiste na união de Green Building Council nacionais de todo o mundo, tornando-se a maior organização internacional que influencia o mercado de construção verde.

WGBC apoia o desenvolvimento do mercado de construção baseada em sistemas de construção verde que atendam as necessidades locais de cada país. Essa organização não rotula qualquer sistema específico ou metodologia como um padrão global, mas apoia os novos e emergentes conselhos, proporcionando-lhes ferramentas e estratégias para auxiliar na formação de organizações fortes e com posição de liderança em seus mercados (WGBC, 2010). Dentre as principais iniciativas no âmbito dos sistemas de avaliação de desempenho ambiental existentes estão:

- BREEAM (*Building Establishment Environmental Assessment Method*);
- LEED Schools NC - v3 (*Leadership in Energy and Environmental Design*);
- Certification Operation HQE Tertiaire / CSTB;
- GBC / IISBE (*Green Building Challenge / International Initiative for Sustainable Built Environment*); e
- CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency*).

Essas publicações são ferramentas de avaliação ambiental sistêmicas, respeitadas internacionalmente, criadas em países da Europa, Japão e Estados Unidos, procurando, em alguns casos, a aplicabilidade em nível mundial dos métodos. Alguns métodos de todo o mundo são apresentados no quadro 4.

SUSTENTABILIDADE NA COSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 5 - Relação dos métodos existentes mais conhecidos por país e número de indicadores em dezembro de 2004 e alguns com comentários sobre sua base de apoio. Continuação

PAÍS	MÉTODO DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS	COMENTÁRIOS
Austrália	NABERS (National Australian Building Environment Rating Scheme)		Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> . Para edifícios novos e existentes. Atribui uma classificação única, a partir de critérios diferentes para proprietários e usuários. Em estágio-piloto. Os níveis de classificação são revisados anualmente
Áustria	TQ Building Assessment System (Total Quality Building Assessment System)	4	
	Sustainability indicator set for the construction sector	4	
	SEA Danube corridor / SUP Donaukorridor	16	
	Comprehensive Renovation		Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> , para residências para estimular renovações abrangentes em vez de parciais (GEISSLER, 2002)
Bélgica	VRIND	9	
Canadá	Green Building Challenge (GBC)		Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> hierárquicos. Ponderação ajustável ao contexto de avaliação (COLE, LARSSON, 2000).
Dinamarca Finlândia Noruega Suécia Islândia	Nordic set of environmental indicators for the property sector	24	
Dinamarca	BEAT 2002		Método de LCA, desenvolvido pelo SBI3, que trata os efeitos ambientais da perspectiva do uso de energia e materiais. (GLAUMANN; VON PLATEN, 2002)
Escala Européia	The European Common Indicators Set	10	
Espanha	Spanish Urban Sustainable Indicators	28	
EUA	LEED Schools NC - v3	6	Inspirado no BREEAM. Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> . O sistema é atualizado regularmente (a cada 3-5 anos) e versões para outras tipologias estão em estágio piloto. Na versão para edifícios existentes, a linguagem ou as normas de referência foram modificados para refletir a etapa de operação do edifício (USGBC, 2001).

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 5 - Relação dos métodos existentes mais conhecidos por país e número de indicadores em dezembro de 2004 e alguns com comentários sobre sua base de apoio. Continuação

EUA	MSDG (Minnesota Sustainable Design Guide)		Sustainable Design Guide) Sistema com base em critérios (emprego de estratégias de projeto ambientalmente responsável). Ferramenta de auxílio ao projeto
Finlândia	RT Environmental declaration	8	
	REKOS – Eco-efficiency indicators for residential buildings	5	
	EcoProP – Eco-efficiency indicators for buildings	0	
	PIMWAQ	18	
	PromisE – Environmental Classification System for Buildings	2	Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> , com ponderação fixa para quatro categorias: saúde humana (25%), recursos naturais (15%), consequências ecológicas (40%) e gestão de risco (20%) (AHO, 2002; HUOVILA <i>et al.</i> , 2002).
	LifePlan	0	
	BECost	0	
França	18-indicator system for CGSP and choice demolition or renovation	18	
	Demolition or renovation in a social housing neighbourhood: a 48 pressure indicators system	48	
	ESCALE		Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> . Pondera apenas os itens nos níveis inferiores. O resultado é um perfil de desempenho global, detalhado por sub-perfis (CHATAGNON <i>et al</i> , 1998)
	Sustainable development monitoring indicators at the city scale for the Land Use Plan of Montauban	15	
	INDI Model	1	
	ISDIS Model : The Indisputable Sustainable Development Indicators System	0	
	French standard system XP P01-010 : environmental characteristics of building products	24	
Holanda	Eco-Quantum	4	
	MRPI: Environmentally Relevant Product Information	4	
	Monitor Urban Renewal	26	
Hong Kong	HK-BEAM (Hong Kong Building Environmental Assessment Method)		Adaptação do BREEAM 93 para Hong Kong, em versões para edifícios de escritórios novos (CET, 1999a) ou em uso (CET, 1999b) e

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 5 - Relação dos métodos existentes mais conhecidos por país e número de indicadores em dezembro de 2004 e alguns com comentários sobre sua base de apoio. Continuação

			residenciais (CET, 1999c).
Hungria	Architectural quality (Success of principles of architecture)	0	
	Building Diagnostics	0	
	Colour quality	7	
	Healthy Buildings	18	
	Quality Assurance in Construction	0	
	Ecological performance of building products and structures	0	
Itália	Urban Ecosystem	16	
Japão	CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)		Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> . Composto por várias ferramentas para diferentes estágios do ciclo de vida. Inspirada na GBTool, a ferramenta de projeto trabalha com um <i>índice de eficiência ambiental</i> do edifício (BEE), e aplica ponderação fixa e em todos os níveis.
Noruega	Ecodec	22	
	EcoProfile		Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> hierárquicos, influenciado pelo BREEAM. Possui duas versões: edifícios comerciais e residenciais.
Reino Unido	Movement for Innovation Environmental Performance Indicators	26	
	BREEAM	0	Sistema com base em critérios e <i>benchmarks</i> , para várias tipologias de edifícios. Um terço dos itens avaliados é parte de um bloco opcional de avaliações de gestão e operação para edifícios em uso. Os créditos são ponderados para gerar um <i>índice de desempenho ambiental</i> do edifício. O sistema é atualizado regularmente (a cada 3-5 anos) (BALDWIN <i>et al.</i> , 1998).
	ENVEST and ENVEST II	1	
	Green Guide to Specification; Green Guide to Housing Specification	19	
	PROBE (Post-occupancy Review of Building Engineering)		Projeto de pesquisa para melhorar a retro-alimentação sobre desempenho de edifícios, através de avaliações pós-ocupação (com base em entrevistas técnicas e com os usuários) e de método publicado de avaliação e relato de energia (COHEN <i>et al.</i> , 2001).

Quadro 5 - Relação dos métodos existentes mais conhecidos por país e número de indicadores em dezembro de 2004 e alguns com comentários sobre sua base de apoio. Continuação

Suécia	Hammarby Sjöstad	8	
	EcoEffect	8	Método de LCA para calcular e avaliar cargas ambientais causadas por um edifício ao longo de uma vida útil assumida. Avalia uso de energia, uso de materiais, ambiente interno, ambiente externo e custos ao longo do ciclo de vida. A avaliação de uso de energia e de materiais é feita com base em LCA; a avaliação de ambiente interno e externo é feita com base em critérios.
	Bo01	13	

Fonte: Adaptado pelo autor com base em ARAÚJO, 2006 e SILVA, 2007.

A quantidade de indicadores mais ou menos sofisticados avaliados por cada método está diretamente relacionada à realidade de cada país, variando de acordo com as respectivas carências, abundâncias de recursos naturais, fatores climáticos, entre outros (CIB *apud* ARAÚJO, 2006). A seguir serão destacados os métodos com critérios mais relevantes.

2.6 EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS NA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS

Como visto no quadro 2.4, praticamente cada país europeu, além dos Estados Unidos, Canadá, Austrália Japão e Hong Kong possuem sistemas próprios de avaliação de desempenho ambiental para edifícios.

Embora não exista uma classificação formal nesse sentido, os sistemas de avaliação ambiental disponíveis podem ser claramente distintos em duas categorias. Em um primeiro grupo, estão os sistemas que promovem a construção sustentável através de mecanismos de mercado. O BREEAM foi o método pioneiro e lançou as bases de todos os sistemas de avaliação orientados para o mercado, que seria posteriormente desenvolvido em todo o mundo, como o *LEED Schools NC - v3* e o CASBEE (BALDWIN *et al.*, 1998). Esses sistemas foram desenvolvidos para serem facilmente

absorvidos por projetistas e pelo mercado em geral e têm, portanto, uma estrutura mais simples, normalmente formatada como uma lista de verificação. Para divulgar o reconhecimento do mercado pelos esforços dispensados para melhorar a qualidade ambiental de projetos, a execução e a gestão operacional, todos eles são vinculados a algum tipo de certificação de desempenho.

No segundo grupo estão os métodos orientados para pesquisa, como o BEPAC e seu sucessor, o GBC, centrados no desenvolvimento metodológico e fundamentação científica (SILVA, 2007).

2.6.1 Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)

O primeiro e mais conhecidos dos métodos de avaliação ambiental de edifícios é o BREEAM, lançado no Reino Unido em 1990, visando à especificação e mensuração de desempenho. Desenvolvido por pesquisadores do Building Research Establishment (BRE) e do setor privado, com parceria com a indústria (BALDWIN *et al.*, 1990), o BREEAM fornece um processo formal de avaliação embasado em uma auditoria externa, direcionada ao marketing de edifícios e, indiretamente, de projetistas e empreendedores (ARAÚJO, 2006). O edifício é avaliado de maneira independente por avaliadores indicados pelo BRE, que, por sua vez, é responsável por especificar os critérios e métodos de avaliação e pela qualidade do mesmo (SILVA, 2007).

Dentre os objetivos deste método, pode-se citar a finalidade de fornecer orientações sobre maneiras de minimizar os impactos ambientais consequentes da construção civil, bem como garantir a qualidade do ambiente interno (BALDWIN *et al.*, 1998). Assim, os objetivos específicos desse sistema são: distinguir edifícios de menor impacto ambiental no mercado; encorajar práticas ambientais de excelência no projeto e execução, gestão e operação; definir critérios e padrões indo além daqueles exigidos por lei, normas e regulamentações; e conscientizar proprietários, ocupantes, projetistas e operadores quanto aos benefícios de edifícios com menor impacto ambiental (SILVA, 2007).

Os créditos são ponderados para determinar um índice de desempenho ambiental que defina a classificação do edifício e permita a comparação relativa entre os edifícios certificados pelo sistema.

Além de ser a metodologia de maior aceitação internacional, dentre os novos edifícios de escritórios do Reino Unido, cerca de 30% e 40% são submetidos a este método de avaliação (HOWARD, 2001). Como pioneiro, esse procedimento serviu como base para outros métodos praticados em países como Canadá e Hong Kong, sofrendo adaptações com a incorporação de dados locais. Em outros países, como Dinamarca, Noruega, Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos, outras versões estão sendo desenvolvidas.

2.6.2 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED Schools NC - v3)

Em 1994, o USGBC, financiado pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST), começa a desenvolver nos Estados Unidos um programa de classificação de desempenho consensual e orientado para o mercado, com o objetivo de acelerar o desenvolvimento e a implantação de práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis (SILVA, 2007). A partir de 1996, voltado inicialmente para edifícios comerciais¹³, surge um sistema de classificação e certificação ambiental projetado com o intuito de facilitar a transferência de conceitos de construção ambientalmente responsável para os profissionais e para a indústria de construção norte-americana, o *Leadership in Energy and Environmental Design*, o *LEED Schools NC - v3* (USGBC, 2005).

O *LEED Schools NC - v3* é uma ferramenta de certificação com base em princípios energéticos e ambientais pré-estabelecidos, que buscam fazer um balanço entre as práticas de mercado conhecidas e os conceitos tecnológicos novos (SILVA, 2000).

¹³ O *LEED Schools NC - v3* considera como “ocupação comercial” os edifícios de escritórios, institucionais (bibliotecas, museus, igrejas, entre outros), hotéis e edifícios residenciais com mais de quatro pavimentos.

SUSTENTABILIDADE NA COSTRUÇÃO CIVIL

Essa ferramenta é um sistema de avaliação que possui parâmetros de sustentabilidade que permitem uma avaliação dos ambientes construídos, analisando o projeto e a construção, utilizando estratégias focadas no atendimento aos aspectos mais preocupantes, como eficiência energética, eficiência hídrica, redução de emissão de gás carbônico, controle da qualidade do ar interno, gestão de recursos e seus impactos, para validar edificações sustentáveis de alto desempenho energético. A metodologia analisa também os mais variados aspectos, desde a escolha do terreno até a fase de comissionamento (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Da mesma maneira que o BREEAM, essa metodologia concede créditos para o atendimento de critérios pré-estabelecidos. A certificação é válida por cinco anos, de modo que, após esse período, a edificação deve passar por uma nova avaliação da operação e gestão do empreendimento.

O projeto piloto do *LEED Schools NC - v3* foi lançado em agosto de 1998, o *LEED Schools NC - v3 Version 1.0*. Após extensas modificações, em março de 2000 é lançada o *LEED Schools NC - v3 Green Building Rating System Version 2.0*. A partir de outubro de 2005, o sistema de análise passa a se chamar *LEED Schools NC - v3 Green Building Rating System for New Commercial Construction and Major Renovations*, ou *LEED Schools NC - v3*, na sua versão 2.2 (*LEED Schools NC - v3*, 2005), e faz parte de um portfólio de sistemas de análise para setores específicos de mercado: *LEED Schools NC - v3 for Existing Buildings*, *LEED Schools NC - v3-EB*, para edificações existentes; *LEED Schools NC - v3 for Commercial Interiors*, *LEED Schools NC - v3-CI*, que certifica unidades comerciais, sendo direcionados para os inquilinos, que nem sempre tem controle sobre as operações da edificação; *LEED Schools NC - v3 for Core & Shell Development*, *LEED Schools NC - v3-CS*, que também é direcionado para inquilinos e proprietários, mas abrange toda edificação; *LEED Schools NC - v3 for Homes*, *LEED Schools NC - v3 -Homes*, para edificações residenciais; *LEED Schools NC - v3 for Neighborhood Development*, *LEED Schools NC - v3 - ND* que integra princípios de urbanismo e crescimento inteligente do bairro (USGBC, 2011).

Quanto à versão 3.0 foi distribuída em abril de 2009 e inclui três grandes melhorias para o sistema de avaliação *LEED Schools NC - v3*: a harmonização, as

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ponderações dos créditos e a regionalização, e foca-se na redução do uso de energia e emissões de gás carbônico. Um dos principais avanços dessa versão é o conceito de regionalização, com o intuito de dar orientações para que a metodologia seja adaptada à realidade de cada país onde é implantada. Essa versão inclui: o *LEED Schools NC - v3*, com os avanços técnicos dos créditos e pontos da metodologia; o *LEED Schools NC - v3 online*, uma atualização para o *LEED Schools NC - v3 on line* que é mais rápido e mais fácil de usar, com novas opções de ajuda; o *Certification Model*¹⁴ uma infra-estrutura de certificação ampliada com base nas normas ISO, administrado pelo *Green Building Certification Institute* (GBCI) para melhorar a velocidade, capacidade e desempenho (USGBC, 2011).

Além disso, a versão incorporou um sistema de análise para escolas, o *LEED v3 for Schools New Construction and Major Renovations* e métodos de avaliação para edifícios comerciais e institucionais existentes: *New Construction*, *Core and Shell*, *Commercial Interiors*, *Existing Buildings: Operations & Maintenance* e *Schools*.

Em novembro de 2010, um sistema de avaliação para projetos de instalações de saúde, como ambulatórios, consultórios médicos, centros de pesquisa foi aprovado, o *LEED Schools NC - v3 for Healthcare*.

Nessa metodologia *LEED Schools NC - v3*, o desempenho ambiental do edifício é avaliado de forma global, ao longo de todo seu ciclo de vida, considerando os preceitos de *green buildings*. Para ser certificado, é necessário que cumpra primeiramente uma série de pré-requisitos, para, em seguida, passar por uma etapa de análise e classificação de desempenho, dada pelo número de créditos obtidos (SILVA, 2007).

Constituído por uma estrutura clara e simples, razão pela qual o sistema é criticado, baseia-se na especificação de desempenho ao invés de critérios prescritivos, e tem como referência princípios ambientais e de uso de energia pautados em normas e recomendações de organismos com credibilidade reconhecida, como a ASHRAE¹⁵, a ASTM¹⁶, a EPA¹⁷, e o DOE¹⁸.

¹⁴ Tradução: Modelo de Certificação

¹⁵ American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers

¹⁶ American Society for Testing and Materials

¹⁷ U.S. Environmental Protection Agency

¹⁸ U.S. Department of Energy

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No quadro 5 são apresentadas as categorias avaliadas pelo o Sistema de Classificação *LEED Schools NC - v3 New Construction*, versões 2.2 e 3.0, destacando-se as alterações feitas entre uma versão e outra em relação à pontuação dos critérios.

Quadro 6- Categorias avaliadas pela metodologia LEED Schools NC - v3 comparando as diferenças de pontuação entre as versões 2.2 e 3.0.

CATEGORIAS	LEED Schools NC - v3 2.2	LEED Schools NC - v3 3.0
Sítios Sustentáveis	14	26
Eficiência no uso de água	5	10
Energia e Atmosfera	17	35
Materiais e Recursos	13	14
Qualidade do ar interno do edifício	15	15
Inovações e processos de projeto	5	6 (bônus)
TOTAL	69	106
Prioridades regionais	-	4
TOTAL incluindo pontos bônus	-	110

Fonte: USGBC, acesso em 28 fev. 2011.

O *LEED Schools NC - v3* é uma ferramenta que utiliza valores de referência (*benchmark*) que permitem ao usuário demonstrar o desempenho ambiental dos seus edifícios em relação à prática de mercado, sendo estruturada em três etapas: nivelamento; análise e classificação; e comunicação dos resultados (BARROS, 2005).

Na primeira etapa, o nivelamento, verifica-se se o edifício é ou não passível para ser avaliado, exigindo como critério mínimo o cumprimento de uma série de pré-requisitos que devem ser satisfeitos em uma pré-avaliação, como mostrados no quadro 6.

Quadro 7 - Lista dos pré-requisitos exigidos pelo LEED Schools NC - v3- New Construction. Continuação.

CATEGORIAS	PRÉ-REQUISITOS AVALIADOS
Sítios Sustentáveis	Atividade de construção de Prevenção da Poluição
Eficiência no uso de água	Sem pré-requisitos
Energia e Atmosfera	Sistema de comissionamento de energia

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 7 - Lista dos pré-requisitos exigidos pelo LEED Schools NC - v3- New Construction.
Continuação.

CATEGORIAS	PRÉ-REQUISITOS AVALIADOS
	Desperdício mínimo de energia
	Gerenciamento de gases refrigerantes
Materiais e Recursos	Armazenamento e seleção de resíduos
Qualidade do ar interno do edifício	Desempenho mínimo da qualidade do ar
	Controle de fumaça gerada pelo tabaco
Inovações e processos de projeto	Inovação de projetos e tecnologia
	Profissionais credenciados pelo sistema <i>LEED Schools NC - v3</i>

Fonte: Adaptado de USGBC, 2009.

A etapa de “análise e classificação” consiste no preenchimento de um relatório que apresenta as categorias e seus respectivos pré-requisitos, bem como a pontuação máxima possível de ser obter.

No quadro 7 é apresentada a estrutura de pontuação do método *LEED Schools NC - v3 2009 for New Construction and Major Renovations*, também chamado de *LEED Schools NC - v3*, destacando em cinza, as pontuações alteradas em relação à versão *LEED Schools NC - v3 2.2*. Os itens acrescentados ou modificados na versão *LEED Schools NC - v3 2009 for Schools New Construction*, também são apresentados abaixo de cada categoria.

Quadro 8 – Apresentação da estrutura de pontuação da metodologia LEED Schools NC – v3. Listados abaixo estão os itens diferenciados no LEED Schools NC – v3. Os itens grifados em cinza representam os itens alterados em relação ao LEED Schools NC – 2.2. Continuação.

ITENS <i>LEED Schools NC – v3</i>		PONTUAÇÃO
SÍTIOS SUSTENTÁVEIS		24 PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 1	Atividade de Construção de Prevenção à Poluição	Obrigatório
Crédito 1	Seleção do Sítio	1
Crédito 2	Desenvolvimento Densidade e Conectividade com a comunidade	5
Crédito 3	Recuperação de áreas degradadas	1
Crédito 4.1	Transporte alternativo – Acesso ao transporte público	6
Crédito 4.2	Transporte alternativo – Bicicletário e vestiário	1
Crédito 4.3	Transporte alternativo – Veículos de baixa emissão e eficientes	3
Crédito 4.4	Transporte alternativo – Capacidade de estacionamento	2
Crédito 5.1	Desenvolvimento do sítio: Proteção e restauração de Habitats	1
Crédito 5.2	Desenvolvimento do sítio: Espaços abertos	1
Crédito 6.1	Captação de água da chuva: controle de quantidade	1
Crédito 6.2	Captação de água da chuva: controle de qualidade	1
Crédito 7.1	Efeito ilha de calor sem telhado	1

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 9 – Apresentação da estrutura de pontuação da metodologia LEED Schools NC – v3. Listados abaixo estão os itens diferenciados no LEED Schools NC – v3. Conclusão.

Crédito 7.2	Efeito ilha de calor com telhado	1
Crédito 8	Redução da poluição luminosa	1
ITENS INSERIDOS NO <i>LEED Schools NC - v3 NEW CONSTRUCTION</i>		+2 PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 2	Análise ambiental do sítio	Obrigatório
Crédito 9	Plano para o Sítio	1
Crédito 10	Utilização conjunta de instalações	1
EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA		10 PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 1	Redução no uso de água	Obrigatório
Crédito 1.1	Eficiência no uso de água para paisagismo, redução de 50%	2
Crédito 1.1	Eficiência no uso de água para paisagismo, sem irrigação ou sem uso potável de água	2
Crédito 2	Inovação de tecnologias para águas residuárias (cinzas e negras)	2
Crédito 3	Redução no uso de água: 30% a 50%	2-4
ITENS INSERIDOS NO <i>LEED Schools NC - v3 NEW CONSTRUCTION</i>		+1 PONTO POSSÍVEL
Crédito 4	Processo para redução do uso de água	1
ENERGIA E ATMOSFERA		35 PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 1	Sistema de comissionamento de energia	Obrigatório
Pré-requisito 2	Desperdício mínimo de energia	Obrigatório
Pré-requisito 3	Gerenciamento de gases refrigerantes	Obrigatório
Crédito 1	Otimização da eficiência energética	1-19
Crédito 2	Energia renovada no próprio sítio	1-7
Crédito 3	Comissionamento melhorado	2
Crédito 4	Melhoria do gerenciamento de gases refrigerantes	2
Crédito 5	Medição e verificação	3
Crédito 6	Energia verde	2
ITENS MODIFICADOS NO <i>LEED Schools NC - v3 NEW CONSTRUCTION</i>		-2 PONTOS POSSÍVEIS
Crédito 4	Melhoria do gerenciamento de gases refrigerantes	1
Crédito 5	Medição e verificação	2
MATERIAIS E RECURSOS		14 PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 1	Armazenamento e seleção de resíduos	Obrigatório
Crédito 1.1	Reutilização do edifício: Manter paredes, pisos e telhados existentes de 55% a 95%	1-3
Crédito 1.2	Reutilização do edifício: Manter elementos não estruturais do interior do edifício	1
Crédito 2	Gerenciamento de desperdício da construção: 50% - 70%	1-2
Crédito 3	Reuso de materiais: 5% - 10%	1-2
Crédito 4	Conteúdo de reciclados: 10% - 20% pós consumo +1/2 pré-consumo	1-2
Crédito 5	Materiais regionais: 10% - 20% extraídos, processados e manufaturados regionalmente	1-2
Crédito 6	Materiais rapidamente renováveis	1

SUSTENTABILIDADE NA COSTRUÇÃO CIVIL

Crédito 7	Madeira certificada	1
Quadro 10 – Apresentação da estrutura de pontuação da metodologia LEED Schools NC – v3. Listados abaixo estão os itens diferenciados no LEED Schools NC – v3.		
ITENS MODIFICADOS NO <i>LEED Schools NC - v3 NEW CONSTRUCTION</i>		1 PONTO POSSÍVEL
Crédito 1.1	Reutilização do edifício: Manter paredes, pisos e telhados existentes	1-2
QUALIDADE DO AR INTERNO DO EDIFÍCIO		15 PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 1	Desempenho mínimo da qualidade do ar	Obrigatório
Pré-requisito 2	Controle de fumaça gerada pelo tabaco	Obrigatório
Crédito 1	Monitoramento do ar externo	1
Crédito 2	Aumento da eficiência da ventilação	1
Crédito 3.1	Gestão da qualidade do ar interno na fase de construção	1
Crédito 3.2	Gestão da qualidade do ar interno antes da ocupação	1
Crédito 4.1	Materiais de baixa emissão: adesivos e selantes	1
Crédito 4.2	Materiais de baixa emissão: tintas e vernizes	1
Crédito 4.3	Materiais de baixa emissão: carpetes e forrações	1
Crédito 4.4	Materiais de baixa emissão: madeiras compostas/pro. agrícolas	1
Crédito 5	Controle de fontes poluentes e produtos químicos	1
Crédito 6.1	Controle de sistemas de iluminação	1
Crédito 6.2	Controle de sistemas de conforto térmico	1
Crédito 7.1	Conforto térmico – projeto	1
Crédito 7.2	Conforto térmico - verificação	1
Crédito 8.1	Luz do dia e vistas: luz do dia em 75% dos espaços	1
Crédito 8.2	Luz do dia e vistas: vistas em 90% dos espaços	1
ITENS ACRESCENTADOS NO <i>LEED Schools NC - v3 NEW CONSTRUCTION</i>		+2 PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 3	Mínima performance acústica	Obrigatório
Crédito 9	Melhoria da performance acústica	1
Crédito 10	Prevenção do mofo	1
INOVAÇÃO E PROCESSOS DE PROJETO		6 PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 1	Inovação de projetos e tecnologia	1-6
Pré-requisito 2	Profissionais credenciados pelo sistema <i>LEED Schools NC - v3</i>	1
ITEM MODIFICADO NO <i>LEED Schools NC - v3 NEW CONSTRUCTION</i>		PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 1	Inovação de projetos e tecnologia	1-5
ITEM ACRESCENTADO NO <i>LEED Schools NC - v3 NEW CONSTRUCTION</i>		PONTOS POSSÍVEIS
Pré-requisito 3	A escola como uma ferramenta de ensino	1
PRIORIDADE REGIONAL		1 PONTO POSSÍVEL
Crédito 1	Prioridade regional	1

Fonte: Adaptado de USGBC, 2011

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O *LEED Schools NC - v3* certifica de acordo com a pontuação atingida, havendo quatro opções de colocação:

- *LEED Schools NC - v3* Certificação básica;
- *LEED Schools NC - v3* Prata (*Silver*);
- *LEED Schools NC - v3* Ouro (*Gold*);
- *LEED Schools NC - v3* Platinum (*Platina*).

Na tabela 1 são listados os níveis de certificação existentes nesse método de avaliação, comparando as mudanças ocorridas da versão 2.2 para a versão 3.0.

Tabela 1 - Comparação entre as pontuações dos níveis de certificação existentes no LEED Schools NC - v 2.2 e o LEED Schools NC - v3.

NÍVEL DE CERTIFICAÇÃO	LEED Schools NC - v 2.2	LEED Schools NC - v3
Certificado	26-32	40-49
Prata	33-38	50-59
Fonte: Adaptado de USGBC, 2009.		
Ouro	38-51	60-79
Platina	51-69	80+

Fonte: Adaptado de USGBC, 2009.

A metodologia foi desenvolvida com o propósito de auxiliar nas tomadas de decisões ainda na fase de projeto. Deste modo, todos os aspectos avaliados pelo sistema têm peso idêntico, isto é, o *LEED Schools NC - v3* não aplica um critério explícito de ponderação entre categorias, mas o número variável de itens dentro de cada uma define tacitamente pesos para cada uma delas. Sua estrutura de avaliação permite que apenas os que pretendem obter a certificação sejam avaliados, de modo que, por exemplo, somente os aspectos de projeto sejam avaliados, sem comprometer o resultado final (TODD; LINDSAY, 2000).

Quadro 11 - Relevância dos espaços escolares para o uso da metodologia. Continuação.

SÉRIES	PORÇÃO (EM %) DO ESPAÇO CONSTRUÍDO DEDICADO À APRENDIZAGEM		
	mais de 60% de núcleos e auxiliares, incluindo 25% + núcleos	40-60% de núcleos e auxiliares, incluindo 10% + núcleos	40% ou menos de núcleos e auxiliares OU inferior a 10% de núcleos

Quadro 11 - Relevância dos espaços escolares para o uso da metodologia. Continuação.

SÉRIES	PORÇÃO (EM %) DO ESPAÇO CONSTRUÍDO DEDICADO À APRENDIZAGEM		
	mais de 60% de núcleos e auxiliares, incluindo 25% + núcleos	40-60% de núcleos e auxiliares, incluindo 10% + núcleos	40% ou menos de núcleos e auxiliares OU inferior a 10% de núcleos
Jardim de infância à 12ª série	Deve usar o <i>LEED Schools NC - v3 for Schools</i>	Pode usar o <i>LEED Schools NC - v3 for Schools</i>	Não deve usar o <i>LEED Schools NC - v3 for Schools</i>
Outras séries	Pode usar o <i>LEED Schools NC - v3 for Schools</i>	Pode usar o <i>LEED Schools NC - v3 for Schools</i>	Não deve usar o <i>LEED Schools NC - v3 for Schools</i>

Fonte: GUIDELINES, 2011.

O sistema de avaliação *LEED Schools NC - v3 2009 for Schools – New Construction* é adequado para edifícios que oferecem tanto espaços centrais de aprendizagem quanto espaços auxiliares de aprendizagem. O *LEED Schools NC - v3* para escolas foi desenvolvido com as classes de Jardim de infância até a 12ª série¹⁹, mas pode ser usado para outras faixas etárias também. O quadro 8 mostra a relevância dos diferentes tipos de espaços de aprendizagem para determinar a adequação do *LEED Schools NC - v3* para escolas de um edifício.

2.6.3 Comprehensive Assessment System for building Environmental Efficiency (CASBEE)

O *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency – CASBEE* é a mais recente inovação no campo das avaliações ambientais de edifícios (JSBC, 2002), apresentada publicamente pelo Japan Sustainability Building Consortium – durante a SB'02 em Oslo (SILVA, 2007).

O CASBEE é constituído de quatro ferramentas de avaliação, cada uma delas destinada a usuários bem-definidos, que podem avaliar o projeto ou o edifício existente em estágios específicos de seu ciclo de vida, como representado no quadro 9.

¹⁹ Séries com base no sistema educacional de ensino norte-americano, correspondente ao 9º ano no sistema educacional de ensino brasileiro.

Quadro 12 - Ferramentas de avaliação do CASBEE.

TIPOS DE EDIFICAÇÃO	FERRAMENTA	USUÁRIOS	OBJETIVOS/ CARACTERÍSTICAS
Edifícios novos	Ferramenta de avaliação pré-projeto	Proprietários Planejadores Projetistas	Identificação do contexto básico do projeto, com ênfase em seleção de área e impactos básicos do projeto.
Edifícios novos	Ferramenta de projeto para o ambiente (DfE ²⁰)	Projetistas Construtores	Identificação do contexto básico do projeto, com ênfase em seleção de área e impactos básicos do projeto.
Edifícios existentes	Ferramenta de certificação ambiental	Proprietários Projetistas Construtores Agentes imobiliários	Para classificar edifícios concluídos, segundo sua eficiência ambiental. Determinar o valor básico de mercado do edifício certificado.
	Ferramenta de avaliação pós-projeto (operação e renovação sustentáveis)	Proprietários Projetistas Operadores/gestores	Prover informações sobre como melhorar a BEE durante a etapa de operação.

Fonte: SILVA, 2007. p 25.

Essa metodologia caracteriza-se por ter uma estrutura conceitual com dois pontos focais: a definição de limites do sistema analisado, o edifício; e o levantamento e o balanceamento entre os impactos positivos e negativos gerados por ele ao longo de seu ciclo de vida. Assim, o CASBEE propõe a aplicação do conceito de *sistemas fechados*, que seria o espaço hipotético determinado pelos limites do terreno a fim de determinar a *capacidade ambiental* relacionada ao objeto a ser avaliado. Esse limite hipotético define claramente o espaço dentro dos limites do terreno, considerado como propriedade privada, separando-o do espaço fora dos limites do terreno, a propriedade pública (SILVA, 2007).

Assim, o CASBEE define a relação destes dois espaços em dois fatores:

- Cargas ambientais (L): os impactos negativos que se estendem para fora do espaço hipotético, ou seja, para o ambiente público.
- Qualidade ambiental (Q): qualidade e desempenho ambiental da porção dentro do espaço hipotético, o edifício.

A figura 2 representa esquematicamente o conceito de análise desta metodologia CASBEE.

²⁰ Design for environment

SUSTENTABILIDADE NA COSTRUÇÃO CIVIL

O conceito original de eco-eficiência, como já descrito no item 4.2, expressa o valor do produto ou serviço às cargas ambientais a ele associadas. O CASBEE modifica este conceito, integrando a avaliação destes dois fatores, e associando-os à concepção dos limites hipotéticos dentro e fora, e cria um Indicador de Eficiência Ambiental do Edifício (BEE). Quanto maior o quociente do BEE (qualidade/cargas, onde se enfatiza a *qualidade* do ambiente interno, e as *cargas*, o uso de energia), maior a sustentabilidade ambiental do edifício (SILVA, 2007). O quadro 10 apresenta a evolução da definição de eco-eficiência até o conceito utilizado pelo CASBEE.

Figura 2 - Estrutura conceitual do CASBEE.



Fonte: SILVA, 2007.

Quadro 13 - Evolução das definições de eco-eficiência. Continuação.

Definição de eco-eficiência	
Definição original (WBCSD)	$\frac{\text{Valor do produto ou serviço}}{\text{Unidade de carga ambiental}}$
Definição modelada	$\frac{\text{Saídas benéficas}}{\text{Entradas + Saídas não-benéficas}}$

Quadro 14 - Evolução das definições de eco-eficiência. Conclusão.

Definição usada no CASBEE	<p style="text-align: center;">Qualidade e desempenho ambiental do edifício</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">Cargas ambientais causadas pelo edifício</p>
---------------------------	--

Fonte: SILVA, 2007. p 26.

2.6.4 Sustainable Building Tool (Sbt)

O *Green Building Challenge* (GBC) é um consórcio internacional reunido com o objetivo de desenvolver um novo método para avaliação de desempenho ambiental de edifícios: um protocolo de avaliação com uma base comum, porém capaz de respeitar diversidades técnicas e regionais (COLE; LARSSON, 2000).

A ferramenta de avaliação do *Green Building Challenge* é a *Sustainable Building Tool*, a *SBTool*, chamada anteriormente de *GBTool* (IISBC, acesso em 7 mar. 2011) e foi desenvolvida através de um processo internacional iniciado em 1996. A proposta, que busca um comparativo internacional, consiste em um sistema hierárquico de critérios de avaliação ambiental de edificações, que conta com a participação de mais de 20 países, que seleciona e analisa o desempenho ambiental e os impactos gerados pelos edifícios (COLE; LARSSON, 2002).

A etapa de desenvolvimento inicial, que durou dois anos, foi financiada pelo governo do Canadá, contou com o envolvimento de 15 países e culminou numa conferência internacional em Vancouver, Canadá, a GBC'98. Posteriormente, mais duas conferências foram realizadas, *Sustainable Building (SB) 2000*, quando a coordenação do GCB foi passada para *International Initiative for Sustainable Built Environment* (IISBE), e logo depois a *Sustainable Building '02*, que envolveu mais de vinte países, inclusive o Brasil (SILVA, 2007). A quarta etapa iniciou-se em 2003 e foi concluído com a SB'05²¹ no Japão.

SB Challenge é a continuação do processo de Green Building Challenge. O desafio do SB Challenge resulta na seleção de uma ampla gama de edifícios de alto desempenho em todo o mundo, que serão apreciados pelos proponentes e

²¹ Sustainable Buildings 2005

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

discutidos na World Sustainable Building Conference²². Este processo não é uma competição, mas um processo de triagem, de modo que qualquer sistema de avaliação de amplo escopo pode ser usado (IISBE, 2011). As últimas conferências aconteceram em Melbourne, no ano de 2008, e em Helsinque, em Outubro de 2011.

A diferença entre a primeira geração de sistemas de avaliação ambiental e o SB Challenge é que os primeiros fornecem uma forma de classificação de desempenho vinculada a um sistema de certificação, enquanto que objetivo do SB Challenge é prover uma base metodológica sólida e a mais científica possível dentro das limitações do estado atual de conhecimento (SILVA, 2007).

Desse modo, o SBTool desenvolve-se no intuito de ser capaz de refletir as diferentes prioridades, tecnologias, tradições construtivas e valores culturais de diferentes países e regiões em um mesmo país, sendo a pontuação dada por comparação com desempenhos de referências (*benchmarks*). Assim, as equipes de avaliação são encorajadas a indicar a melhor ponderação entre as categorias de impacto em cada caso (SILVA, 2007).

O sistema do método é, ao mesmo tempo, extremamente complexo e flexível, porque oferece uma opção para usar sua ponderação padrão ou é possível definir a ponderação a partir das necessidades locais, utilizando os valores definidos localmente.

Seis categorias são avaliadas pelo SBTool, de maneira que, para cada nível de critérios e subcritérios, quando existirem, haverá uma escala de desempenho. O edifício é comparado com o edifício correspondente ao desempenho de referência (*benchmarks*), que constitui o nível zero, sendo, então, o nível mínimo de aceitação permitido e a referência para comparação com o edifício submetido à análise (PATRÍCIO 2005). Os resultados são apresentados em forma de gráficos, ou relatórios que podem ser utilizados como rotulagem ambiental (GBC, 2004).

As categorias para avaliação deste sistema consistem basicamente nos tópicos apresentados no quadro 11.

²² Conferência Mundial de Construção Sustentável

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Salienta-se que o ponto forte do método SBTool consiste na possibilidade de sua aplicação em diversos tipos de edifícios, em diferentes estados de desenvolvimento e regiões.

Quadro 15 - Categorias de desempenho e questões consideradas pelo SBTool.

CATEGORIAS	Questões consideradas	Peso (total 100%)
Usos de recursos	Energia, água, solo e materiais	20%
Cargas ambientais	Emissões, efluentes e resíduos sólidos	25%
Qualidade do ambiente interno	Qualidade do ar, ventilação, conforto e poluição eletromagnética	20%
Qualidade dos serviços	Flexibilidade, adaptabilidade, controlabilidade pelo usuário, espaços externos e impactos nas propriedades adjacentes	15%
Aspectos econômicos	Ênfase no ciclo de vida	10%
Gestão pré-ocupação	Planejamento do processo de construção, verificação pré-entrega e planejamento da operação	10%
Transporte	Ainda não operacional	0%

Fonte: Adaptado de SILVA, 2007.

2.7 EXEMPLOS DE EDIFÍCIOS DE ENSINO COM BOM DESEMPENHO AMBIENTAL

Com a finalidade de assegurar a compreensão dos critérios analisados pelos métodos de avaliação de desempenho ambiental de edifícios, a pesquisa procurou exemplos de edificações de ensino que alcançaram certificação *LEED Schools NC - v3*. No Brasil, até 7 (sete) de janeiro de 2011, nenhuma escola foi certificada, mas pelo menos duas escolas estão registradas e em certificação.

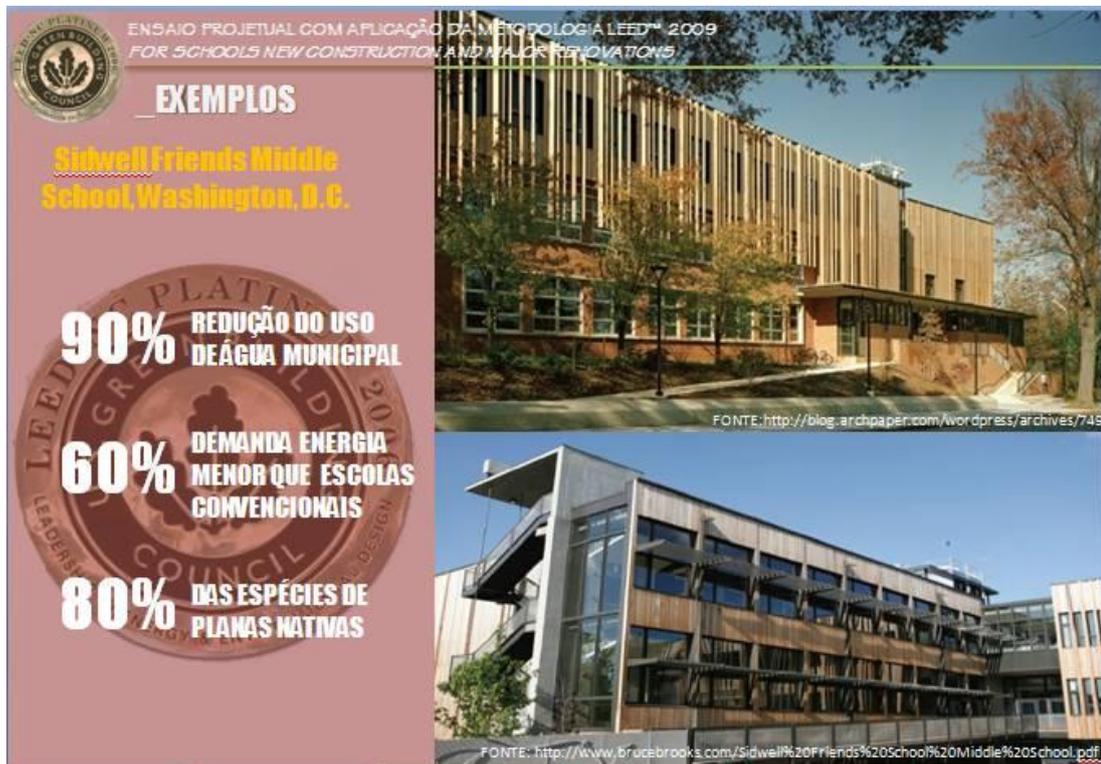
2.7.1 Sidwell Friends Middle School, Washington, D.C.

O projeto do complexo escolar envolveu a restauração de um edifício de 33.500 metros quadrados, bem como a construção de um edifício novo, de 39.000 metros quadrados, de três andares, com capacidade para 350 alunos, concluído a tempo para o ano letivo de 2006-2007. A construção adquiriu a certificação *LEED Schools*

SUSTENTABILIDADE NA COSTRUÇÃO CIVIL

NC - v3 na classificação Platina. O projeto é de autoria da *Kieran Timberlake Associates*, tendo como auxiliares a empresa de consultoria *Green Shape* e, como agentes de comissionamento, a *Engineering Economics* (USGBC, 2007).

Figura 3- Sidwell Friends Middle School



Fonte: GBC Brasil, 2011.

O gerenciamento inteligente de água é o ponto central da concepção do projeto. Uma *wetland* construída entre as duas edificações (antiga e nova) trata esgoto da cozinha e banheiros, ao mesmo tempo que serve como um laboratório vivo onde os alunos podem aprender sobre a biologia, ecologia e química. A água tratada é reutilizada, eventualmente, nos banheiros e torres de resfriamento. Os alunos cultivam vegetais e ervas para o refeitório nos telhados verdes, que também recolhem água da chuva e reduzem o escoamento de águas pluviais. O excesso de água flui para a bacia no pátio e o jardim de chuva. Para a irrigação do paisagismo não é utilizada água potável. Essa concepção de projeto, permitiu que o complexo escolar reduzisse 90% do uso de água da rede pública (USGBC, 2007).

O colégio encontra-se próximo a um parada de metrô e de várias linhas de ônibus, além de também possuir bicicletários e chuveiros para incentivar este tipo de

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

transporte. O estacionamento é localizado no subsolo, a fim de facilitar o escoamento de águas pluviais e diminuir o efeito de ilha de calor urbano causado por eles, possibilitando a implantação de 80 espécies de plantas nativas em vez de carros estacionados, totalizando um paisagismo com 80% de plantas nativas. (USGBC, 2007).

A equipe projetou o edifício de forma a tirar vantagem da luz solar passiva, e clarabóias permitem que a luz natural invada o edifício sem comprometer o conforto ambiental interno. A junção de altos níveis de isolamento térmico, clarabóias operáveis, janelas e torres de resfriamento que passivamente exaustam o ar quente, eliminou a necessidade de refrigeração mecânica (USGBC, 2007).

O edifício dispõe de um revestimento feito de barris de vinho de cerca de 100 anos de idade, e pisos e decks oriundos de estacas do porto Baltimore Harbor²³. Dentre os materiais facilmente renováveis, pode-se citar: pisos de linóleo e portas de bambu. Além disso, a equipe selecionou criteriosamente todos os acabamentos internos, especificando materiais que não emitem COV (USGBC, 2007).

Tabela 2 - Avaliação da escola Sidwell Friends por meio do sistema LEED Schools NC - v 2.2.

CATEGORIA	PONTOS POSSÍVEIS	PONTOS ATINGIDOS
Sítios sustentáveis	14	11
Eficiência de água	5	5
Energia & Atmosfera	17	13
Materiais & Recursos	13	8
Qualidade Ambiental interna	15	15
Inovação & Design	5	5
TOTAL	69	57
CLASSIFICAÇÃO	PLATINA	

Fonte: USGBC, 2007.

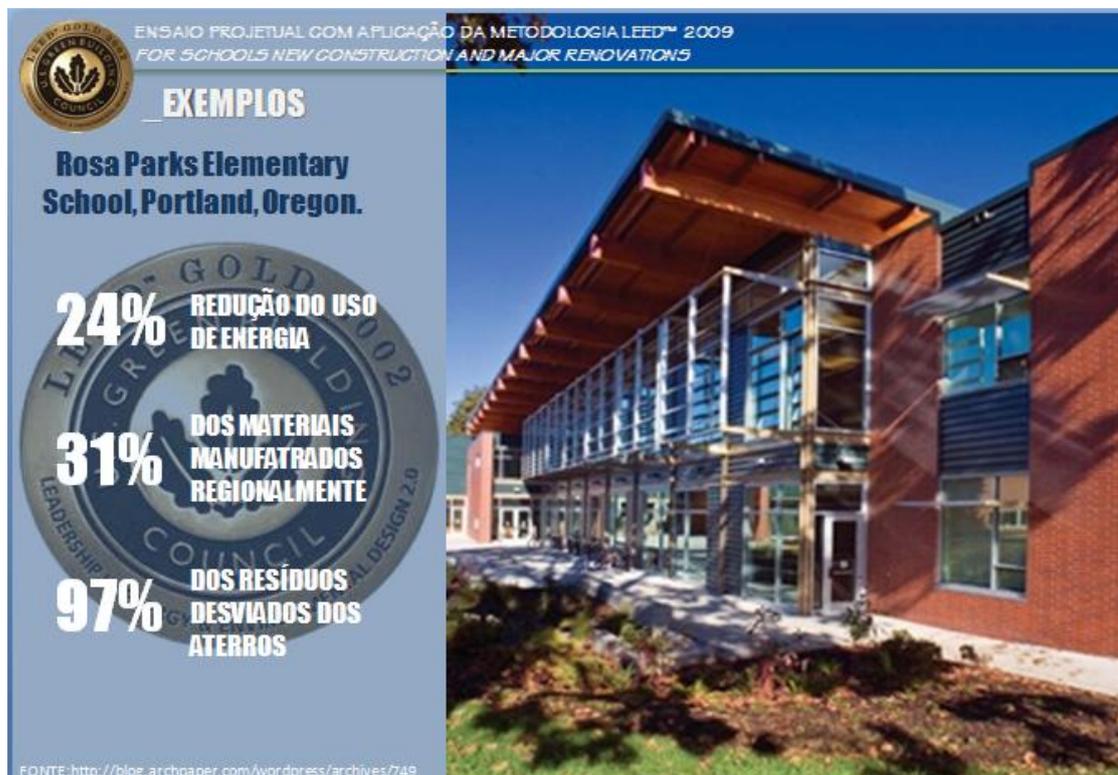
Após todas essas características de projeto, o complexo escolar atingiu as classificações no sistema de avaliação *LEED Schools NC - v3 for New Construction 2.2.* listadas na Tabela 2.

²³ Baltimore Harbor é um dos mais antigos portos dos Estados Unidos, localizado em Washington, DC. US.

2.7.2 Rosa Parks Elementary School, Portland, Oregon

Rosa Parks Elementary School é a “pedra angular” do Campus Comunitário em New Colombia, em Portland, Oregon, Estados Unidos, um projeto de uso misto em parceria com o programa de remodelação e revitalização urbana, constituído por um conjunto habitacional de baixa renda. O Campus Comunitário é uma parceria público/privado, e inclui uma nova escola, um clube, com aulas de arte, música e computação (*Boys & Girls Club*), e o Centro Comunitário *Portland Parks* (ROSA, 2011).

Figura 4 - Rosa Parks Elementary School



Fonte: GBC Brasil, 2011.

Com capacidade para 500 estudantes, e com uma área de 67.000 metros quadrados, a escola foi inaugurada no ano letivo de 2006/2007 e recebeu a certificação *LEED Schools NC - v3 Gold* em agosto de 2007. A escola é organizada

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

em quadrantes, sendo que cada um abriga cinco salas de aula, sala de pesquisa, e salas de apoio organizadas ao redor de um centro “comum da vizinhança” (USGBC, 2008).

Dentre os aspectos que garantiram ao projeto a classificação *Gold*, pode-se citar a curta distância do complexo de duas linhas de ônibus, a presença de bicicletários e chuveiros, expandido as opções de deslocamento. Destaca-se, também, que em três quartos do espaço externo usa-se vegetação nativa tolerante à seca, o que reduz o uso de água potável para preservação da paisagem e de árvores durante a construção, evitando erosões. O projeto prevê a redução de 60% das necessidades de irrigação e 24% do uso total de água em comparação com uma escola convencional (USGBC, 2008).

As estratégias do projeto para economia de energia incluem iluminação natural extensiva através de clarabóias e janelas operáveis, sensores de luz, isolamento térmico e um eficiente condensador *boiler*, esperando-se com estas medidas a redução do consumo energético em 24% em comparação com um projeto concebido seguindo as regras da ASHRAE Standard 90.1-1999 (USGBC, 2008).

Tabela 3 - Avaliação da escola Rosa Parks por meio do sistema LEED Schools NC - v3- NC 2.2.

CATEGORIA	PONTOS POSSÍVEIS	PONTOS ATINGIDOS
Sítios sustentáveis	14	11
Eficiência de água	5	2
Energia & Atmosfera	17	6
Materiais & Recursos	13	6
Qualidade Ambiental interna	15	12
Inovação & Design	5	5
TOTAL	69	42
CLASSIFICAÇÃO	OURO	

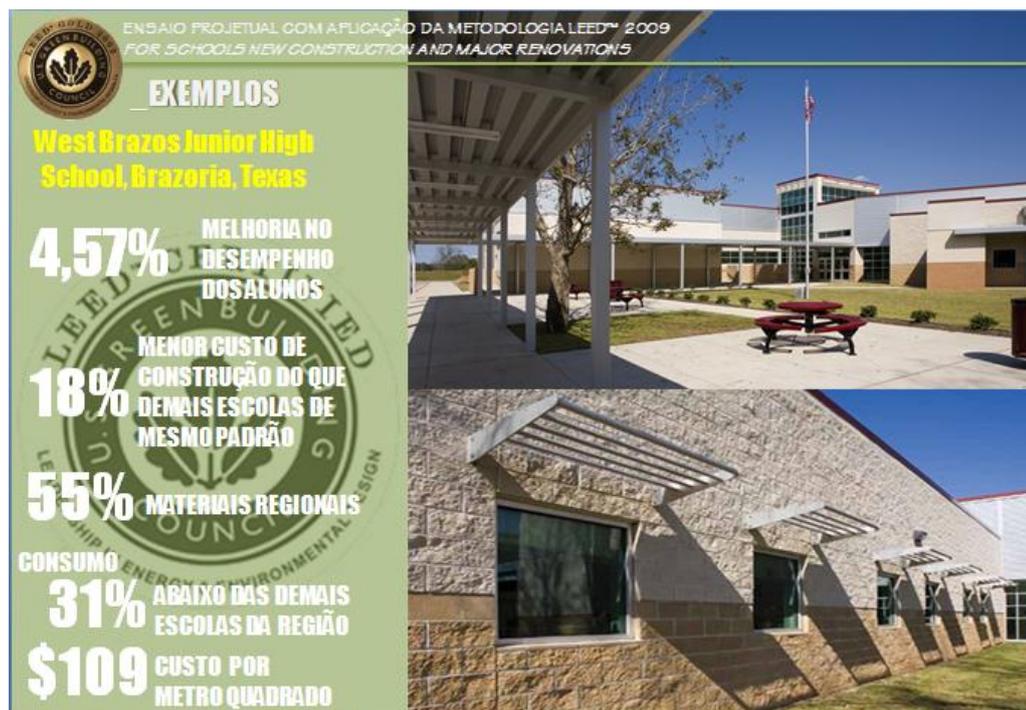
Fonte:USGBC, 2008b.

Várias estratégias foram adotadas no projeto para proteger a qualidade do ar interno da edificação, como a instalação de monitores de dióxido de carbono em todas as salas de aula para acionarem o sistema de ventilação quando for necessário ar

fresco. Além disso, foram selecionados tintas, carpetes, adesivos e selantes com baixas emissões de COVs, resultados esses descritos na Tabela 3.

2.7.3 West Brazos Junior High School, Brazoria, Texas

Figura 5 - West Brazos High School.



Fonte: GBC Brasil, 2011.

Localizada em Brazoria, no Texas, a *West Brazos Junior High School*, é uma escola que comporta cerca de 600 alunos da sétima à oitava série. Inaugurada para as aulas de outono de 2006, West Brazos é a primeira escola secundária²⁴ pública no Texas a atingir uma certificação *LEED Schools NC - v3*. Construída no valor de 109 dólares por metro quadrado, a escola foi construída num valor 18% menor do que as demais escolas de ensino fundamental da região (USGBC, 2008a).

A equipe de projeto focou em estratégias para garantir a iluminação natural e a qualidade do ar interior, incentivada principalmente pela conexão entre a qualidade

²⁴As 7ª e 8ª Grades são chamadas de Junior High, que no Brasil correspondem ao ensino fundamental.

do ambiente interno e o desempenho dos alunos. Após a mudança para a nova escola, as notas dos alunos melhoraram para quatro, cinco e sete pontos percentuais em matemática, leitura e estudos sociais, respectivamente.

Embora as preocupações com privacidade e segurança convenceram a equipe do projeto a deixar certos espaços, incluindo os laboratórios de informática, o centro de ginástica e a sala dos professores, sem contato direto com o ar livre, janelas e clerestórios²⁵ trazem luz do dia em outras áreas. Mais de 90% das demais áreas, incluindo salas de aula, têm vista para o exterior (USGBC, 2008a).

A equipe do projeto selecionou adesivos, selantes, tintas e carpetes com baixas emissões de COV. Nas entradas, grelhas recolhem a sujeira e outros poluentes antes que os ocupantes os carregue para dentro do edifício. Todas as salas privativas, os laboratórios de ciência e as áreas de cópias possuem recursos dedicados à ventilação. Além disso, vale ressaltar que a escola tem se comprometido com a preservação da qualidade ambiental interna, utilizando apenas produtos de limpeza “verdes” (USGBC, 2008a).

Para incentivar o transporte alternativo, a escola oferece bicicletário e chuveiros, e vagas de estacionamento preferenciais para pessoas que “dividem o carro”, como forma de incentivo à carona (USGBC, 2008a).

Todos os materiais de coberturas e pavimentação site são de cor clara, reduzindo a contribuição do projeto para o efeito de ilha de calor urbano. Além disso, toda a iluminação local foi escolhida ou modificada para reduzir a poluição luminosa.

O edifício está localizado em uma área de cerca de 250 mil metros quadrados, com um paisagismo composto por vegetações adaptadas ao ambiente costeiro da região que não necessita de irrigação. Nos banheiros, o uso de torneiras de baixo fluxo reduz o uso de água, trazendo o consumo total de água potável 31% abaixo da média das outras escolas da região (USGBC, 2008a).

Vidros de baixa emissividade na lanchonete, biblioteca, salas de aula e em áreas de escritório reduzem as cargas de refrigeração da construção, ao mesmo tempo que permitem a entrada de luz do dia nas áreas de trabalho. O sombreamento exterior

²⁵ Refere-se à fiada de janelas altas, dispostas sobre um telhado adjacente, muito comum em Igrejas medievais de estilo gótico.

reduz o brilho e o ganho de calor solar. Funcionam também como *lightshelves*²⁶, trazendo a luz do dia dentro dos espaços das classes.

É importante salientar que o edifício é de alvenaria de concreto e painéis de gesso e metal. A equipe do projeto selecionou esses materiais por a sua durabilidade e baixa necessidade de manutenção, bem como seu custo e estética. A equipe também selecionou materiais reciclados e de origem regional (USGBC, 2008a). Mais de 55% de todos os materiais da obra foram fabricados regionalmente e 56% dos resíduos gerados foram desviados de aterros, resultados presentes na tabela 4.

Tabela 4 - Avaliação da escola West Brazos por meio do sistema LEED Schools NC - v3.

CATEGORIA	PONTOS POSSÍVEIS	PONTOS ATINGIDOS
Sítios sustentáveis	14	7
Eficiência de água	5	4
Energia & Atmosfera	17	1
Materiais & Recursos	13	4
Qualidade Ambiental interna	15	6
Inovação & Design	5	5
TOTAL	69	27
CLASSIFICAÇÃO	CERTIFICADO	

Fonte: USGBC, 2008.

2.7.4 Fossil Ridge School, Fort Collins, Colorado

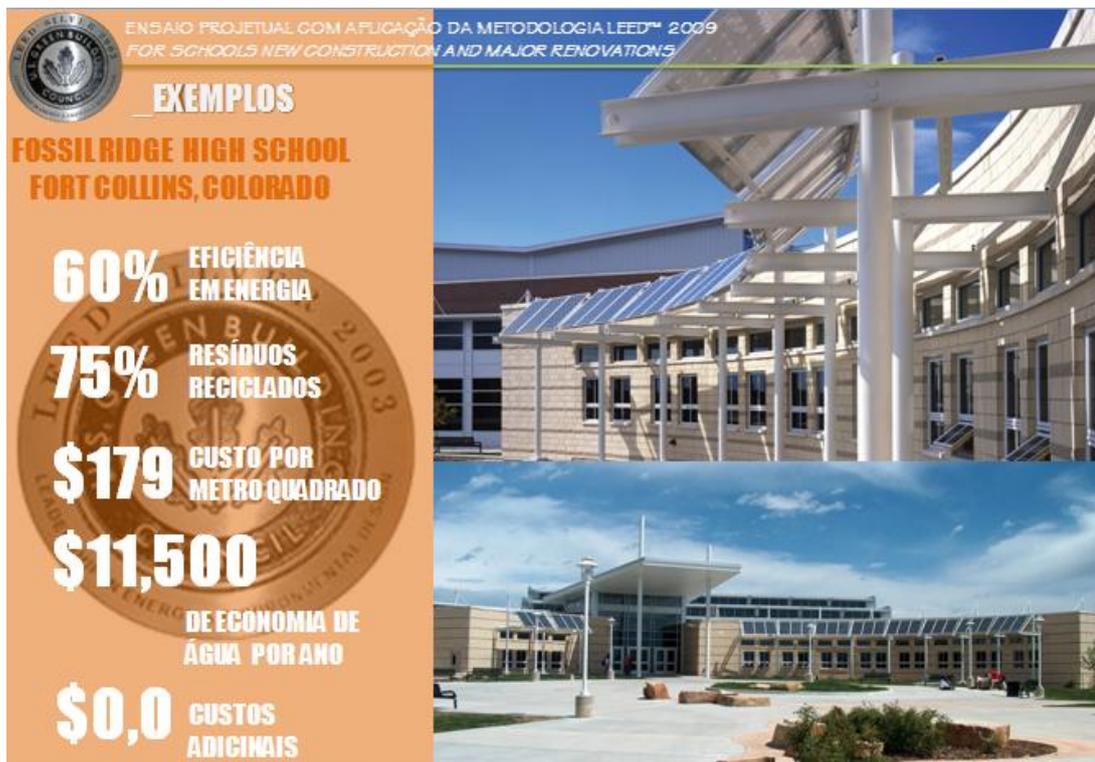
Ao construir uma nova escola em Fort Collins, Colorado, o principal objetivo da fundação educacional Poudre *School District* era o de proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizagem o mais confortável e saudável possível. Além disso, pretendia-se que a escola fosse flexível e adaptável, a fim de torná-la uma ferramenta de ensino para a preservação ambiental, sem, entretanto, custos adicionais. Assim, a Poudre decidiu adotar a critérios de construção pautados na metodologia *LEED Schools NC - v3* para a construção de uma área de 290 mil metros quadrados, com capacidade de 1800 alunos (USGBC, 2006).

²⁶ Elemento arquitetônico que se direciona a dispersão de luz natural no interior da edificação.

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A rede Poudre já havia construído duas escolas de alto desempenho, e também queria certificar a escola Fossil Ridge, sendo que o uso da metodologia *LEED Schools NC - v3* ratificou a confiança de que o edifício teria o desempenho ambiental esperado.

Figura 6 - Fossil Ridge Scholl.



Fonte: GBC Brasil, 2011

Mesmo tendo que tomar decisões com base em um orçamento apertado, a construção atingiu um alto grau de qualidade sem custo adicional, sendo o valor do metro quadrado equivalente a 179 dólares, incluindo honorários dos projetistas, mobiliário e equipamentos. Este custo se compara favoravelmente com os demais projetos escolares da região. Além disso, a construção proporciona economias significativas no uso de água e energia, de modo que o gasto com energia elétrica por mês será a terça parte do consumo de escolas do distrito de tamanhos similares (USGBC, 2006).

O projeto envolveu não apenas arquitetos e engenheiros, mas também professores, pessoas de manutenção e outros, que se comprometeram a alcançar as metas do *LEED Schools NC - v3* e auxiliaram a equipe de projeto a construir uma escola que

atendesse aos objetivos esperados para a saúde do estudante, a eficiência operacional e a gestão ambiental sem custos adicionais.

Muitos estudos mostram que a iluminação natural melhora a leitura e o desempenho dos alunos, logo, a equipe focou em estratégias de iluminação natural, tais como a locação de janelas em vários lados das salas de aula, monitores de teto e Solatubes²⁷ para trazer luz natural aos espaços internos. A fim de melhorar a qualidade do ar interno, o edifício apresenta janelas operáveis, que permitem a entrada de ar fresco, além de sensores de dióxido de carbono e pinturas e mobiliários com baixa concentração de compostos orgânicos voláteis.

A Escola Fossil Fidge é 60% mais energeticamente eficiente do que edifícios da mesma categoria, devido a medidas inovadoras, que incluem sensores de iluminação e sistemas inteligentes de resfriamento e aquecimento, como, por exemplo, o sistema de refrigeração em que o gelo é feito e armazenado durante a noite para arrefecer o edifício durante o dia. A conservação da água é uma das principais preocupações do Estado de Colorado, o que fez com que a escola utilizasse água bruta para a irrigação do *campus*, instalasse torneiras e sanitários de baixo fluxo e implantasse relva artificial no campo de atletismo (USGBC, 2006).

A equipe do projeto racionalizou as demandas de combustível e transporte, utilizando materiais produzidos regionalmente sempre que possível, e dando prioridade a produtos com elevado conteúdo reciclado. Cerca de 75% dos resíduos de construção foi reciclado, e, conseqüentemente, desviados dos aterros(USGBC, 2006).

A rede Poudre School District é composta por 45 escolas e cerca de 22.500 alunos em torno da cidade de Fort Collins, e ganhou prêmios devido às altas notas dos alunos e às taxas de graduação, esforçando-se para apoiar e inspirar todos os estudantes a pensar, a aprender, a cuidar, e a graduar preparadas para serem bem sucedidas num mundo em mudança.

A pontuação referente a cada categoria do *LEED Schools NC - v3* é listada na Tabela 5.

²⁷ São sistemas de alta performance para iluminação natural que utilizam óptica avançada para direcionar através de um canal tubular a luz solar para os cômodos desejados.

Tabela 5 - Avaliação da escola Fossil Ridge por meio do sistema LEED Schools NC - v3- NC 2.2.

CATEGORIA	PONTOS POSSÍVEIS	PONTOS ATINGIDOS
Sítios sustentáveis	14	7
Eficiência de água	5	1
Energia & Atmosfera	17	13
Materiais & Recursos	13	5
Qualidade Ambiental Interna	15	5
Inovação & Design	5	5
TOTAL	69	36
CLASSIFICAÇÃO	PRATA	

Fonte: USGBC, 2006.

2.8 SITUAÇÃO BRASILEIRA

2.8.1 Histórico da Educação

Nas civilizações orientais a educação era extremamente tradicional, sendo que na China, por exemplo, as “aulas” eram divididas em classes, organizadas em escolas fechadas e separadas para a classe dirigente, enquanto que, no Egito, as escolas funcionavam como templos e em algumas casas, que eram frequentadas por pouco mais de vinte alunos. Já na Grécia, de início, o ensino das letras e dos cálculos demorou para se difundir, pois, nas escolas, a formação era mais esportiva do que intelectual (SCHEMES, 2010).

Em meados do século XII d.C., as cidades restabeleceram sua importância sócio-econômica na Europa, e esse crescimento estimulou a vida intelectual. O surgimento de grandes centros foi essencial para o surgimento de uma nova instituição: a Universidade. Protegidas tanto pela Igreja quanto pelos grandes senhores feudais, o conhecimento era privilégio de poucos, e as universidades eram restritas aos integrantes da elite medieval (PERCÍLIA, 2011).

A primeira Universidade conhecida é a de Bolonha, na Itália, fundada em 1150, que, assim como muitas outras que surgiram a seguir, lecionava uma metodologia de ensino denominada escolástica²⁸. No fim do século XII, a universidade incorporou o primeiro curso de Direito, com as disciplinas de retórica, gramática e lógica (FARIA, 2008).

Em terras brasileiras, a primeira escola dedicada ao ensino superior foi fundada em 1808, a Escola de Cirurgia da Bahia. Em 1920, fundou-se a primeira universidade com cursos de diversas áreas, a Universidade do Rio de Janeiro. Mais tarde, em 1927, surgiram as Faculdades de Direito, uma em São Paulo e outra em Olinda.

2.8.2 Arquitetura Escolar

Após décadas de discussões centradas exclusivamente nos métodos educacionais de ensino e nas teorias de aprendizagem, ao se analisar o processo educacional como um todo, um novo tema está em evidência entre educadores: o bem-estar do aluno e a sua relação com o ambiente escolar. Esta preocupação com as consequências do meio físico sobre os alunos fez surgir o que se chama de Arquitetura Escolar (MELATTI, 2004).

No Brasil, principalmente em São Paulo, a partir da Proclamação da República em 1889, ocorreu um aumento da preocupação com a construção de edificações específicas para a educação, de modo que esses edifícios passaram a dialogar com as discussões vigentes do final do século XIX acerca da urbanidade, do higienismo e das necessidades de progresso da educação (LAGE, acesso em 29 de mar. de 2011). A edificação escolar, então, adquire um caráter arquitetônico singular em relação aos demais edifícios públicos e civis, predominando a arquitetura neoclássica, caracterizada por uma construção imponente, simétrica, de desenho retangular, com pátio central fechado, escadarias, grandes janelas verticais e fachadas elaboradas, revestidas com acabamentos nobres (BUFFA, 2005; MELATTI, 2004).

²⁸ Linha de ensino de doutrinas ou pensadores dogmáticos e antiquados pautados nos conceitos cristãos.

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na primeira metade do século XX, com a implantação de novas propostas educacionais, observam-se mudanças na arquitetura escolar, ligadas, nesse segundo momento com o movimento escolanovista²⁹. Centrado nas questões dos alunos e no quantitativo escolar, as edificações de ensino começam a ser mais modernas, apresentando formas geométricas simples, assimétricas, com o uso de novos materiais como o concreto armado, pátios internos sob pilotis, espaços amplos e abertos, ausência de colunas e ornamentos, e aberturas envidraçadas (BUFFA, 2005).

A partir dos anos 60, as construções escolares estiveram intimamente ligadas às políticas públicas e às necessidades de aumento do número de escolas, e ampliação da quantidade de vagas escolares. Desse modo, observa-se uma queda na qualidade dos espaços educacionais, sendo projetados edifícios mais utilitários, baratos, de rápida construção, com muros altos e desconexos do exterior, sem distinção das demais edificações públicas (LAGE, acesso em 29 de mar. de 2011). A necessidade de construções mais econômicas levou a utilização de terrenos menores e disposição aleatória dos espaços, sem preocupações de conforto térmico, como orientação solar e ventilação. Engenheiros incentivaram a utilização de ar-condicionado em salas de aula, argumentaram contra os grandes planos de vidro e tetos altos, o que originou salas de aula com poucas aberturas para o exterior (MELATTI, 2004).

Uma vez que a indústria da construção civil começou a se mover em direção à promoção da construção sustentável na segunda metade da década de 80, inicia-se um processo de valorização da qualidade dos usuários, e, em todo o mundo, instituições de ensino começaram a criar modelos educacionais mais saudáveis e mais eficientes. O surgimento de metodologias de avaliação do desempenho ambiental dos edifícios educacionais, como o *LEED Schools NC - v3*, apresentam parâmetros para auxiliar os projetistas na concepção de edificações que garantem o conforto ambiental dos ambientes de ensino.

Surgem vários estudos de análise o efeito da iluminação natural no desempenho humano, e constatou-se, por exemplo, que as janelas podem ter um efeito muito

²⁹ Movimento de renovação do ensino que defende a educação como o exclusivo elemento verdadeiramente eficaz para a construção de uma sociedade democrática, que leva em consideração as diversidades, respeitando as individualidades dos estudantes (HAMZE, acesso em 28 de mar. de 2011).

mais complexo sobre as pessoas, com implicações psicológicas para além dos seus simples atributos físicos, pois normalmente oferecem uma vista que pode servir de inspiração, relaxamento ou distração. Já as clarabóias fornecem uma função de iluminação relativamente simples, e são geralmente projetadas para distribuir uniformemente a iluminação (PACIFIC GAS AND ELECTRIC COMPANY, 1999).

Um estudo de análise do desempenho energético de escolas na Carolina do Norte³⁰ constatou que os alunos que estudavam em salas de aula iluminadas apenas com luz natural, eram mais saudáveis, eram mais bem-humorados, e frequentaram a escola de 3,2 a 3,8 mais por ano do que escolas se este tipo de iluminação. Além disso, bibliotecas com maior quantidade de luz natural apresentaram níveis de ruído significativamente menores (NICKLAS, 2011).

Quanto à proteção acústica dos ambientes escolares, um bom projeto de arquitetura, que lida com os sons internos e externos das construções, assegura a distribuição eficiente dos sons desejáveis, assim como exclusão dos indesejáveis, ou seja, os ruídos provenientes do telhado, piso, teto e paredes (GONÇALVES; SILVA; COUTINHO, 2009).

O ambiente escolar destina-se à produção cultural e à formação do cidadão, podendo, por vezes, tornar-se um ambiente ruidoso pela própria atividade de alunos e professores. Níveis de ruído elevados e/ou condições de reverberação³¹ inadequadas prejudicam o processo de aprendizagem, causando problemas como falta de concentração, baixa produtividade e interferência na comunicação. Em relação aos professores, o não atendimento de critérios de conforto acústico faz com que tenham de fazer esforço vocal excessivo (Eniz, Garavelli, 2006; *apud* Gonçalves, Silva, Coutinho, 2009). No caso de crianças, o ruído diário pode acarretar problemas de comportamento e distúrbios na voz, além de dificuldade na localização dos sons e no desenvolvimento da fala (VONO-COUBE; BELIVILACQUA; FERNANDES, 1999; *apud* GONÇALVES; SILVA; COUTINHO, 2009).

³⁰ Energy Performance of Daylit Schools in North Carolina, estudo realizado no condado de Johnston, Carolina do Norte, Estados Unidos.

³¹ Fenômeno de prolongamento de um som após o fim de emissão por parte de uma fonte sonora, dado quando o som se propaga em um ambiente e encontra um obstáculo

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Norma Brasileira NBR 10.152 (ABNT, 1992) estabelece níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico nos ambientes escolares, como mostra a tabela 6.

Tabela 6 - Valores de ruídos em decibéis nos ambientes escolares.

AMBIENTE	DECIBÉIS (dB)
Biblioteca	35 – 45
Salas de Música	
Salas de Desenho	
Salas de aula	40 – 50
Laboratórios	
Circulação	45 – 55

Fonte: ABNT NBR 10.152/ 1992 - Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento.

Em uma sala de aula, por exemplo, para que a voz do professor seja entendível por todos é necessário que o nível da voz humana se sobressaia ao nível de ruído, de modo que essa diferença seja maior que 10 dB para indivíduos normais, e, no mínimo, 15 dB para indivíduos com deficiência auditiva. Como o nível normal de uma voz humana é de 65 dB (chegando, sem gritar, a 75 dB), para garantir a inteligibilidade, o ideal seria que o nível de ruído dentro das salas de aula seja no máximo equivalente a 40 dB (FERNANDES, 2006).

Até então, a medição da qualidade do ar interno era baseada unicamente em requisitos de carga térmica nos espaços ocupados no que diz respeito à temperatura e à umidade, que eram controladas através de sistemas de condicionamento automatizados.

Se, por um lado, houve uma preocupação crescente com a economia de energia, por outro, a qualidade do ar interno (IAQ) foi negligenciada. Nos últimos trinta anos, ao mesmo tempo em que os sistemas automatizados acarretaram uma redução dramática das perdas de energia e das taxas de infiltração, as concentrações médias dos vários poluentes no ar interno aumentaram substancialmente. A ventilação é um dos fatores que influenciam a qualidade do ambiente interno, pois consiste numa combinação de processos que resultam no fornecimento do ar externo enquanto retira o ar viciado de dentro de um edifício (CARMO; PRADO, 1999).

Além da ventilação deficiente, outro fator comprometedor da qualidade do ar interno é a emissão de várias substâncias liberadas pelo ambiente de diversas formas. Qualquer edificação contém uma larga variedade de fontes de produtos químicos, tais como plásticos, ceras de chão, pinturas, produtos de limpeza, materiais de construção, processos associados com a combustão, copiadoras e produtos usados em máquinas de fotocópia. Para garantir qualidade do ar e, conseqüentemente, a saúde dos alunos, é necessário que o projeto restrinja o uso dos materiais que emitam mais compostos orgânicos voláteis.

Mudanças começam a acontecer também em relação ao espaço externo à sala de aula, de modo que algumas edificações educacionais começam a não apresentar muros altos, trocando-os por pátios, áreas de lazer, ou até mesmo barreiras reconfiguradas, sendo ao mesmo tempo funcionais e estéticas, que permitam a visão externa, ou são transformadas em elementos decorativos (MELATTI, 2004).

Há uma série de críticas ambientais preocupantes no Brasil, com o desmatamento da Amazônia se constituindo como um dos mais prementes. A floresta se comporta como um importante redutor de carbono do mundo, mas está se exaurindo devido à agricultura, exploração madeireira e desenvolvimento desordenado (WGBC, 2010).

A poluição urbana é outro elemento ambiental problemático, e edifícios verdes podem desempenhar um papel importante na tentativa de transformar as cidades brasileiras em locais mais saudáveis e mais sustentáveis (WGBC, 2010).

Assim como no mundo, no Brasil o setor de construção civil é um relevante gerador de resíduos. Cerca de 220 toneladas de agregados naturais são consumidos por ano na produção de concretos e argamassas e, para cada tonelada de cimento produzido, 600 kg de gás carbônico são liberados na natureza e, ainda, para cada tonelada de aço produzido, há emissão de 2500 kg de gás carbônico para a atmosfera (CONSTRUMETAL, 2010).

Diante desse cenário, assim como em todo mundo, no Brasil a busca por processos mais eficientes no setor de construção civil aumenta cada vez mais, sendo um dos motivos pelo crescimento e disseminação de metodologias de certificação e programas de etiquetagem de equipamentos no país.

O Brasil formalizou sua integração ao projeto GBC em 2000, durante a conferência *Sustainable Buildings 2000*, começando, a partir daí, a participar das reuniões do

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Comitê Internacional do WGBC, que é a união de GBC's nacionais ao redor do mundo. Esse comitê, que tem sua sede central em Nova York, reúne conselhos nacionais de cerca de 70 países (WGBC, 2010).

O GBC Brasil optou por disseminar, no mercado, o sistema de certificação *LEED Schools NC - v3*, trabalhando na interpretação e adaptação dessa ferramenta para a realidade do mercado nacional (GBCBRASIL, 2011).

Vinte e três empreendimentos já foram certificados com essa metodologia em todo o país, e, dentre eles, vários conseguiram a classificação *Gold* e apenas um a *Platinum*. Outros 101 empreendimentos não sigilosos e 110 sigilosos estão sendo analisados para atingirem alguma certificação (GBCBRASIL, 2011).

Nota-se que a grande maioria dos edifícios certificados é de uso comercial, institucional ou de serviço, de modo que são poucos os exemplos de edificações de Ensino. Existem no mundo 121 escolas certificadas pelo *LEED Schools NC - v3* Schools sendo 118 nos Estados Unidos, uma na Noruega, uma em Bali e recentemente a primeira da América do Sul, no Brasil, localizada na zona oeste do Rio de Janeiro (figura 2.7).

O primeiro edifício da América Latina a ser certificado pelo *LEED Schools NC - v3* foi a Agência do Banco Real em Cotia, na Grande São Paulo, inaugurada em janeiro de 2007. A edificação, que foi certificada na categoria Prata (*Silver*), adquiriu o selo *LEED Schools NC - v3- NC* por cumprir requisitos como: sítio sustentável; sistema de captação de água da chuva, luz e ventilação naturais; materiais recicláveis e com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis; entre outros (CONSTRUÇÃO, 2007).

Dentre os poucos exemplos de edificações de ensino, pode-se citar, por exemplo, o projeto de ampliação do Campus do Colégio Cruzeiro, Rio de Janeiro, de Michael Laar e DDG Arquitetura, ainda em análise para adquirir a certificação *LEED Schools NC - v3*, ilustrado pela figura 2.6. Esse projeto, ao privilegiar o conforto ambiental e incorporar conceitos da arquitetura bioclimática, consegue reduzir de forma extrema o consumo de energia da edificação. Além disso, o projeto adota iluminação artificial eficiente, automação predial, materiais de baixa condutibilidade e capacidade térmica, brises, pilotis e terraços-jardins. A idéia é que, no futuro, os telhados

abriguem coletores solares e outras tecnologias que tornar a escola auto-suficiente economicamente (GBC, 2011).

Figura 7 - Colégio Cruzeiro do Sul.



Fonte: GBC Brasil, 2011.

Outro exemplo, observado na figura 7, é o Colégio Estadual Erich Walter Heine, em Santa Cruz, Rio de Janeiro, inaugurado em maio de 2011 recebeu a certificação *LEED Schools NC - v3* e foi escolhida a primeira escola padrão verde da América latina, sendo considerada com piloto para mais 40 projetos semelhantes em todo país, passando a chamar-se Unidade de Ensino Catavento. Para atingir o desempenho ambiental desejado e, conseqüentemente, a certificação, a construção conta com eco telhado (revestido de grama), sistema de aproveitamento de água de chuva, refrigeração de alta eficiência energética, lâmpadas led, coleta de lixo para reciclagem e sistema acústico.

Para as edificações que alcançam a certificação *LEED Schools NC - v3* há um aumento de produtividade; redução do consumo de energia em até 30%; queda no uso de água de 30% a 50%; redução de até 35% de emissão de gás carbônico; diminuição da geração de resíduos, de 50% a 90%, incluindo materiais recicláveis e plano de gerenciamento de resíduos (CONSTRUÇÃO, 2010).

SUSTENTABILIDADE NA COSTRUÇÃO CIVIL

Segundo o WGBC (2010), as edificações verdes vem desempenhando um importante papel no fornecimento de habitações no país, oferecendo, ao mesmo tempo, construções de qualidade a preços acessíveis. O Governo Federal está investindo muito em infraestrutura, através do seu “Programa de Aceleração do Crescimento”, e o “Minha Casa Minha Vida”, projeto que visa a estimular o crescimento das moradias populares para acabar com a *déficit* habitacional no Brasil.

Figura 8 - Colégio Estadual Erich Walter.



Fonte: GBC Brasil, 2011.

Apesar de o conceito de construção sustentável ter chegado ao Brasil em 2004, apenas a partir de 2007 é que as edificações denominadas de “prédios verdes” efetivamente começaram a ser viabilizadas no país. Passados cinco anos, esse mercado encontra-se plenamente aquecido dentro do setor imobiliário, a ponto de o Brasil ocupar, atualmente, a 4ª posição no *ranking* mundial de construções sustentáveis, de acordo com o Green Building Council (GBC).

Ao mesmo tempo, o mesmo tem desenvolvido políticas para melhorar a eficiência energética e incentivar a sustentabilidade. O Inmetro, de forma pioneira, iniciou a discussão sobre a questão da eficiência energética, com a finalidade de racionalizar o uso de energia no país, informando aos consumidores sobre a eficiência energética de cada produto, estimulando-os a fazer uma compra consciente

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

(INMETRO). A princípio ligado à área automotiva, esse projeto cresceu e se concretizou, a partir de 1996, com o nome de Programa Brasileiro de Etiquetagem, atuando, principalmente, na área de produtos consumidores de energia elétrica (GONÇALVES, 2010).

O projeto conta com dois importantes parceiros: a Eletrobrás, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, o Procel Edifica; e a Petrobrás, por meio do Programa Nacional de Racionalização de Uso de Derivados do Petróleo e Gás Natural, Conpet (INMETRO, 2011). O programa "Procel Edifica" é uma iniciativa federal que avalia os edifícios de acordo com as taxas do seu desempenho energético. Atualmente, essa é uma iniciativa voluntária, mas pode se tornar uma exigência em um futuro próximo (WGBC, 2010).

O Brasil se destaca nesse sistema de certificação, sendo a etiquetagem brasileira uma das mais avançadas do mundo e superior à praticada na União europeia em vários aspectos. No Brasil, por exemplo, a revisão dos índices energéticos ocorre periodicamente, além da fiscalização e do acompanhamento eficazes, práticas bastante deficientes na maioria dos países, inclusive da Europa (GONÇALVES, 2010).

Quanto ao mercado, observa-se uma crescente exigência à Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), principalmente para servir de parâmetro na hora da compra.

A etiqueta, aliada ao Selo Procel e ao Selo Conpet, é uma marca de sucesso e distinção no mercado, considerados objetivos empresariais perseguidos pelas empresas no atendimento às exigências do mercado, principalmente em processos de concorrência e licitação (GONÇALVES, 2010).

Muitas cidades brasileiras também têm desenvolvido práticas sustentáveis, exigindo planos de redução de resíduos em projetos de construção, aquecedores solares de água para médios e grandes empreendimentos residenciais, e criando incentivos, como o aumento de subsídios e espaço para apresentação de propostas que incorporam princípios de construções verdes (WGBC, 2010).

Outro exemplo de projeto com finalidade sustentável é o desenvolvimento do programa "Tecnologias para a construção habitacional mais sustentável", resultado

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

da união de vários pesquisadores, cinco universidades nacionais, a Finep³² e o CNPq³³. Esse plano, de abrangência nacional, busca suprir a carência nacional por uma metodologia de avaliação de edificações com alto desempenho ambiental com foco no setor residencial, para, desse modo construir habitações populares integradas a um desenvolvimento sustentável dos recursos. O projeto é dividido em diferentes grupos de trabalho relacionados à sustentabilidade de edificações, chamados de categorias: energia, água, seleção e consumo de materiais, gestão de canteiros, entre outros (LAMBERTS; TRIANA, 2007).

Para o desenvolvimento dessa tecnologia, primeiramente levantou-se dados sobre os assuntos acima citados, como, por exemplo, na categoria Energia, estudou-se o percentual do consumo dos recursos energéticos equivalente a cada fonte utilizada no Brasil. Além disso, identificaram-se normas de desempenho e programas nacionais vigentes, práticas de mercado, tecnologias aplicadas, bem como as necessidades tecnológicas e inovações na área. Sintetizaram-se, também, os critérios de eficiência energética presentes nas principais metodologias de avaliação ambiental aplicáveis no setor residencial. Com base nessa etapa de pesquisa, foi possível identificar os principais parâmetros que deveriam estar contemplados em cada categoria, o que permitiu a criação de método de avaliação de desempenho ambiental embasados em padrões nacionais (LAMBERTS; TRIANA, 2007).

Na prática, algumas ações isoladas começam a despontar no mercado imobiliário, e algumas delas merecem destaque, como a Gafisa, construtora responsável pelo edifício Eldorado Business Tower, construção brasileira classificada na categoria *Platinum*. Destaca-se, também, a construtora Tishman Speyer, responsável pela construção dos complexos Rochaverá *Corporate Towers*, em São Paulo, e o Ventura *Corporate Towers*, no Rio de Janeiro – ambos já possuem torres certificadas pelo *LEED Schools NC - v3*. Outra construtora em destaque é a Bautech, no comando do Primavera *Green Office*, em Florianópolis, Santa Catarina, ainda na expectativa de conquista do selo (CAPELLO, 2011).

Quanto às políticas voltadas para a regulamentação do setor de construção do país, a partir de 1957, no Estado do Rio de Janeiro, é fundada a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, a CBIC, com o objetivo de tratar de questões ligadas à

³² Financiadora de Estudos e Projetos.

³³ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Indústria da Construção e ao Mercado Imobiliário, e de ser, ao mesmo tempo, representante do setor no Brasil e no exterior. A CBIC é o representante político do setor e promove a integração da cadeia produtiva da construção, em âmbito nacional, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social do país (CBIC, acesso em 8 mar. 2011). O CBIC é assessorado regionalmente pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON).

É importante salientar que a Fundação Vanzolini lança o selo RGMat, para atender demanda do mercado e impulsionar as construções sustentáveis no país. Responsável pela certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) no Brasil, a Fundação Vanzolini passa a fornecer agora o primeiro certificado de sustentabilidade para materiais de construção do país. Com o selo RGMat, o objetivo é atender uma demanda do próprio mercado, que busca reposicionar seus produtos sobre os critérios de construção sustentável.

As normas do RGMat foram elaboradas em dois anos. O selo entrou em vigor em março de 2012 e passou por estudos e definições de critérios, como Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Nesse caso, o produto só poderá requerer a certificação se preencher requisitos desde a extração mineral de matérias primas, passando por produção, transporte, montagem, utilização, manutenção e capacidade de reuso ou reciclagem. O RGMat segue parâmetros da ABNT NBR ISO 14024, que estabelece princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental. O selo segue todas as normas internacionais e nacionais referentes à construção sustentável.

As principais referências para o RGMat foram sistemas de declarações ambientais para produtos da França (Inies) e da Alemanha (Institut Bauen und Umwelt e V.), que são específicos para produtos da construção civil. Outros sistemas também serviram de modelo, tais como o sueco (The International EPD system Sweden), o chinês (Environmental Certification Center of China State Environmental Protection China) e o japonês (JEMAI). A elaboração do selo contou também com o auxílio de *softwares* criados especificamente para a construção sustentável, como o BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) desenvolvido pelo NIST (National Institute of Standards and Technology).(CIMENTO ITAMBÉ, XXXX).

2.9 AÇÕES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEIS NO ESPÍRITO SANTO

O Espírito Santo tem desenvolvido algumas ações sustentáveis nos últimos anos, que fazem parte de um planejamento em longo prazo. Para a próxima conferência conhecida como Rio+20, o estado preparou a apresentação de três ações que comprovam o crescimento sustentável produzido pelo governo do estado. O primeiro fala do Programa de Adaptação às Mudanças Climáticas, incluindo a instalação de radares para ajudar no monitoramento do clima. O Estado é responsável por menos de 2% das emissões de gases do país.

Os outros dois projetos falam dos projetos de Reflorestar e Águas Limpas. Enquanto um promete ampliar o percentual de florestas do Estado, chegando a cobrir 5% do território capixaba, até 2025; o outro visa a coletar e a tratar 100% do esgoto. Ações que beneficiam o ambiente e a sociedade foram traçadas, conforme exposto no quadro 12.

Quadro 16 - Programas levados para o Rio + 20 pelo Estado do Espírito Santo e Projetos previstos para serem implantados futuramente. Continuação.

PROGRAMA	OBJETIVO
Mudanças Climáticas	O Programa Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas, criado em 2010, institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas e traça duas ações de destaque: o Inventário de Gases de Efeito Estufa do Espírito Santo e o Programa de Adaptação das Mudanças Climáticas.
Reflorestar	A meta é aumentar a cobertura florestal em 16%, até o ano de 2025, o que corresponde a um incremento de cerca de 230 mil hectares de áreas reflorestadas (equivalente a 5% da área do Estado) e um investimento de R\$ 160 milhões, com a ajuda dos produtores rurais.
Águas Limpas	A Companhia Espírito-Santense de Saneamento (Cesan), entre 2003 e 2012, investiu mais de R\$ 1,3 bilhão em obras de abastecimento de água e esgotamento sanitário. São 80 mil ligações de esgoto atingindo a cobertura de 60% de esgoto tratado. Há planos de chegar a 100% de cobertura até 2015, previsto no Plano Estratégico.
100% sem Lixão	Programa do Estado para acabar com os lixões a céu aberto e implantar grupos de aterros sanitários, que respeitam a forma correta de destinação do resíduo sólido, incluindo áreas de transbordo e de separação do lixo reciclado do que será descartado.
BRT	Novo modelo de transporte, que prioriza o coletivo com corredores exclusivos e tecnologia em prol dos ônibus, para agilizar e melhor qualificar o serviço. Haverá redução de linhas, e os ônibus serão mais atuais e menos poluidores, além de estarem integrados com os outros modais de transporte, como bicicleta, moto, carro e aquaviário.
Atlas Eólico	Há cerca de dois anos, o Estado concluiu o estudo de mapeamento das

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Quadro 16 - Programas levados para o Rio + 20 pelo Estado do Espírito Santo e Projetos previstos para serem implantados futuramente. Continuação.

	áreas com maior capacidade de produzir energia a partir da força dos ventos. O índice maior, do Estado, varia entre 0,3 e 0,32 – modelo ideal para países europeus, por exemplo, o que viabiliza investimentos no setor. Porém, nacionalmente, a concorrência ainda prefere com índice médio de 0,6 a 0,62.
Atlas Solarimétrico	Parecido com o eólico, tem o objetivo de mapear as áreas propícias a serem geradoras de energia solar no Estado. Por enquanto, alguns projetos de eficiência energética fazem parte de outra análise do Estado que pretende tornar 30 prédios públicos geradores e energia solar.
Biomassa	O estudo para aproveitamento de biomassa, no setor agrícola do Estado – como a cana de açúcar e sementes oleaginosas, fontes de energia renovável, como o biodiesel – também será um atlas, com mapeamento da produção dessas matérias-primas.
PROJETOS PARA O FUTURO	
Rumo ao interior	Uma das intenções do Estado é levar o crescimento para fora da Grande Vitória. Para isso, precisa capacitar as cidades para receber grandes empreendimentos e, assim, sustentar a demanda ao interior. Uma das ações propostas envolve a expansão da rede de gás encanado, com investimento total de R\$ 205 milhões.
Incentivos	Começaram as discussões, no Estado, para as implantações de legislações que ofereça subsídios, como incentivos fiscais, às empresas que investirem num desenvolvimento sustentável durante todo o processo de produção.

Fonte: Acervo Pessoal

2.10 AÇÕES SUSTENTÁVEIS LIGADAS À CONSTRUÇÃO CIVIL NA CAPITAL, VITÓRIA.

No Espírito Santo, fundado em 1934, o SINDUSCON é o legítimo representante da categoria econômica da Indústria da Construção Civil. Esse sindicato tem como objetivo garantir a qualidade dos produtos da construção civil, através do desenvolvimento de colaboradores e fornecedores, visando à satisfação dos clientes por meio da busca da melhoria contínua.

Ademais, esse sindicato é responsável pelo Prêmio ECO, que tem o objetivo de incentivar a sustentabilidade na indústria da construção capixaba, reconhecendo e premiando projetos e obras de empresas que já implantaram ou estão em processo de implantação de ações sustentáveis em relação à gestão de resíduos, eficiência energética, uso racional da água e na operação da edificação (SINDUSCON - ES, 2010).

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O SINDUSCON - ES também é responsável pela coordenação do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) no estado, um programa com o intuito de organizar o setor da construção civil pautado em duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. O PBQP-H, é uma ação do governo do Ministério das Cidades, através da Secretaria Nacional de Habitação, com coordenadores estaduais que atuam na implantação do programa em todas as empresas e entidades da cadeia produtiva da construção civil. Segundo o SINDUSCON - ES, as ações do PBQP-H consubstanciam-se em

- Qualificação de construtoras e projetistas;
- Melhoria da qualidade dos materiais de construção;
- Formação e requalificação da mão de obra;
- Normalização técnica;
- Capacitação de laboratórios;
- Aprovação técnica de tecnologias inovadoras;
- Comunicação e troca de informações dentro do setor.

Espera-se que o seguimento dessas ações propicie um aumento da competitividade no setor, melhoria da qualidade de produtos e serviços, redução de custos e otimização do uso dos recursos públicos, criando, a longo prazo, um ambiente isonômico competitivo, de melhor qualidade e que proporcione uma queda no déficit habitacional do país.

Em Vitória, a Prefeitura Municipal, através da Secretaria de Desenvolvimento da Cidade (SEDEC) e a Secretaria do Meio Ambiente (SEMMA), com o intuito de diminuir os impactos causados pelas construções ao meio ambiente, passou a exigir a elaboração de um relatório para o Programa de Controle Ambiental - PCA.

Essas solicitações se restringem ao procedimento de desmonte de rochas, escavações e destino desses materiais, além da coleta, armazenamento e destino dos resíduos líquidos e sólidos, bem como o cuidado com a lavagem dos pneus dos veículos na entrada e na saída da obra. Tais medidas favorecem o procedimento em benefício de uma construção mais sustentável e suas metas de certificações.

Entretanto, ainda não está sendo considerado o processo construtivo adequado para cada obra em relação ao seu sítio e o impacto causado no entorno durante a sua

execução. Essas medidas vêm sendo estudadas para futuras aplicações em novas construções e reformas.

Nota-se que, assim como em todo o país, no Espírito Santo, as políticas relacionadas ao setor de construção abrangem práticas para proporcionar a ampliação do setor, preocupando-se com aspectos de desenvolvimento econômico e questões sociais relacionadas ao desemprego, inclusão do indivíduo na sociedade e combate à pobreza.

Como reflexo, nota-se despreocupação com a proteção ambiental e desempenho térmico do edifício, bem como posicionamento a favor de construções de maior viabilidade econômica.

Desse modo, no estado, conceitos de construções “verdes” ainda são imperceptíveis, principalmente porque as maiorias dos projetistas e construtoras os associam com práticas e tecnologias que acrescentam custos à construção. Como consequência dessa concepção ultrapassada, não há no estado edificações certificadas por nenhum sistema de avaliação, inclusive pelo *LEED Schools NC - v3*.



CAPÍTULO 3
PRESSUPOSTOS E
CONCEPÇÃO PROJETUAL

3. PRESSUPOSTOS E CONCEPÇÃO PROJETUAL

3.1 ORGANOGRAMA DAS ETAPAS DE PROJETOS

O desenvolvimento dos projetos para a execução de um empreendimento envolve, além dos proprietários e investidores, uma equipe de profissionais para cada especialidade e um gerente que tem a função de compatibilizar todo o processo.

Paralelamente aos trabalhos projetuais, o levantamento topográfico, sondagem e as documentações necessárias podem ser providenciadas com a finalidade de se ganhar tempo.

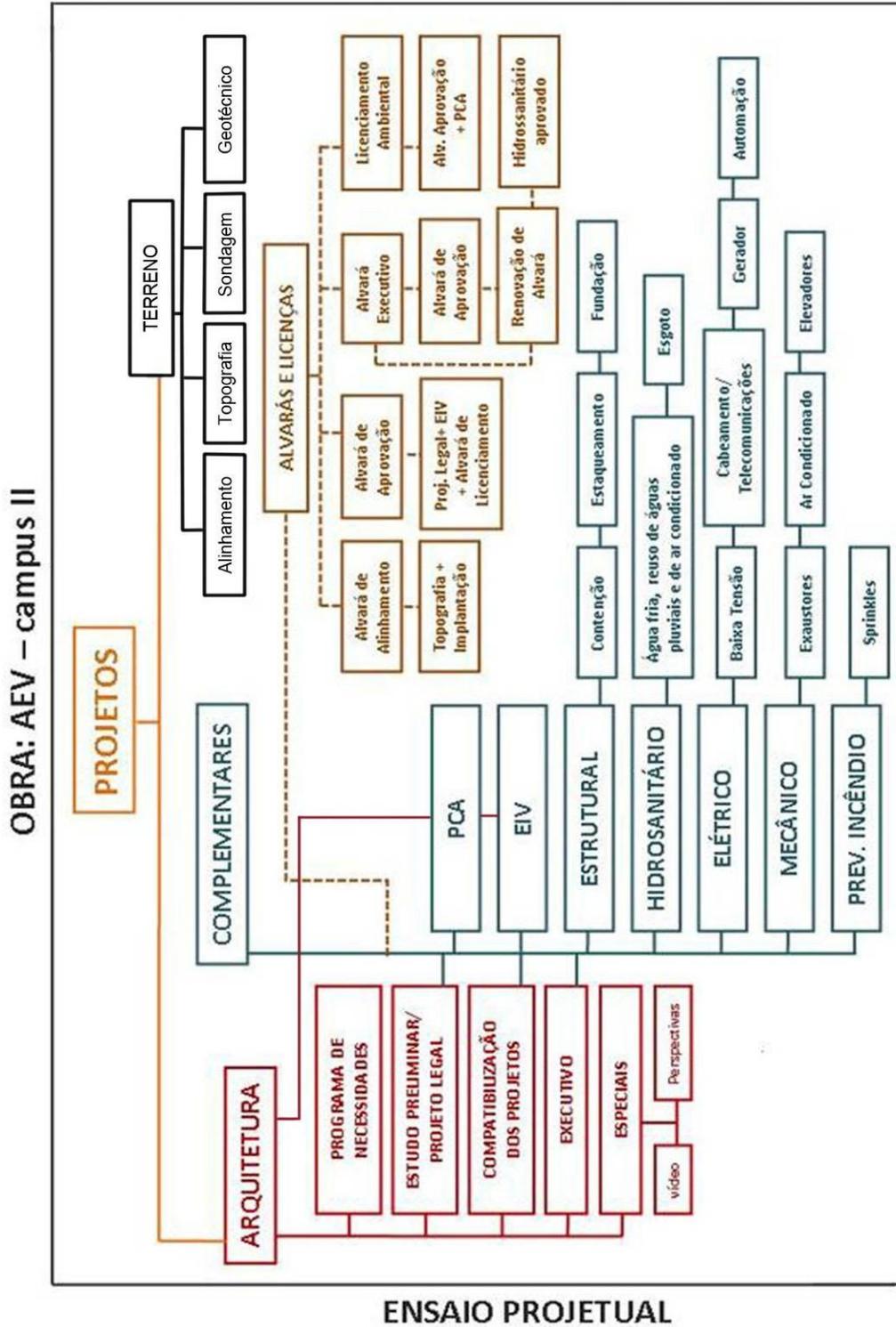
Na cidade de Vitória, a aquisição dos alvarás de aprovação e de execução é um processo longo e muitas vezes compromete todo planejamento e expectativa de prazos para o início da obra e sua entrega final.

Todo empreendimento com atividade de Ensino Superior gerará a necessidade de elaboração do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e, conseqüentemente, um PCA, que é plano de controle ambiental. O EIV envolve uma equipe de profissionais especializados, incluindo arquitetos, engenheiros e biólogos e deve ser apresentado em audiência pública para possíveis questionamentos da comunidade em relação ao empreendimento.

A Figura 9 mostra o fluxo das etapas do projeto arquitetônico, suas interligações entre as diversas fases e correlacionamento com os projetos complementares desde levantamento topográfico ao projeto executivo. Foram adotadas como referência os procedimentos necessários para aquisição de alvarás e licenças no município de Vitória, local onde se localiza o terreno do projeto.

Somente após a apresentação e a aprovação do EIV, o projeto arquitetônico será analisado na sua íntegra, incluindo o aval da vigilância sanitária e do corpo de bombeiros. Sua aprovação será condicionada à aprovação do Plano de Controle Ambiental (PCA) e o alvará de execução será emitido temporariamente até que seja aprovado o projeto hidro-sanitário.

Figura 9 - Organograma das Etapas de Projetos.



Fonte: Acervo

Pessoal.

3.2 METODOLOGIA UTILIZADA PARA AVALIAR A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Após uma análise comparativa das ferramentas de certificações usadas para avaliar a sustentabilidade na construção civil, conforme já mencionadas no item 2.6.2, o autor definiu que o *LEED Schools NC - v3 for Schools New Construction and Major Renovations* seria a mais adequada para associação das ações projetuais com os critérios exigidos e nela contido.

Para desenvolvimento desse trabalho foram seguidos os seguintes procedimentos:

Primeiramente, foi feita a montagem do programa de necessidades em função dos espaços necessários para o funcionamento de cada curso e áreas de apoio e administração. Em seguida, o levantamento das reais possibilidades de inclusão de conceitos sustentáveis em todos os aspectos da construção referenciados na ferramenta de certificação ambiental do *LEED for Schools v3*. Foi necessária a definição dos procedimentos e ações em todos os aspectos dos projetos arquitetônico, estrutural e complementares, além do EIV e PCA. A compatibilização de todos os projetos analisando e corrigindo as interfaces dos desenhos é necessária ao início da execução dos mesmos.

O gerenciamento dos projetos é fundamental para que todos os profissionais envolvidos sigam os mesmos conceitos com o objetivo final que de reduzir os impactos ambientais causados pela construção.

Após a finalização da execução dos projetos, já com a edificação finalizada, deve-se aplicar o check-list do *LEED* em cada categoria aos projetos para análise dos resultados obtidos com a aplicação da ferramenta nos projetos e procedimentos de todo o empreendimento.

Dentre os fatores que direcionaram a escolha do *LEED Schools NC - v3* está a possibilidade de trabalhar com um método que possui sistemas de análise para setores específicos de mercado, no caso, edificações de caráter educacional. Outra característica decisória para a escolha é o sistema de *benchmarks*, que torna a

interface bastante compreensível pelos projetistas funcionando como uma ferramenta de auxílio para as tomadas de decisão no decorrer da concepção do projeto. Além disso, os aspectos avaliados possuem peso idêntico, possibilitando que apenas os quesitos que se pretende obter a certificação sejam avaliados.

Observa-se também a popularidade da metodologia *LEED*, que se expandiu para outros países, como Canadá, China e países da Europa, e, principalmente, por já ter sido adotado e disseminado no Brasil por meio do GBC Brasil, o que possibilita uma adequação do modelo norte-americano à realidade brasileira.

3.3 CARACTERÍSTICAS REGIONAIS

A malha urbana é o reflexo da forma de organizar o espaço: grandes vias de circulação, que ligam os lugares e que relacionam as diferentes funções, articuladas com locais de estar, praças e que sustentam uma vivência de lazer; bairros, prédios e quarteirões que organizam a lógica da habitação na estrutura; elementos que definem um desenho característico de que resulta, conseqüentemente, uma forma de ocupar o território e de organizar os usos do solo.

As diferentes formas de estruturar a ocupação do espaço resultam de utilizações e de princípios diversos de agir no território. São vivências e maneiras particulares de fazer características e singulares na gestão da cidade.

Salienta-se que a urbanidade é profunda e sistematicamente estudada. Das formas construídas à estrutura urbana, da economia aos aspectos sociais, a cidade é analisada nas suas razões, princípios e vivências.

Uma das principais características do *Design Sustentável* e pré-requisito obrigatório da metodologia *LEED Schools NC - v3* é a adaptação do projeto às condições regionais.

Para isso, devem-se levar em conta o estudo de viabilidade do empreendimento que utilizará conceitos de sustentabilidade, os itens referentes ao terreno, sendo:

Sítios sustentáveis:

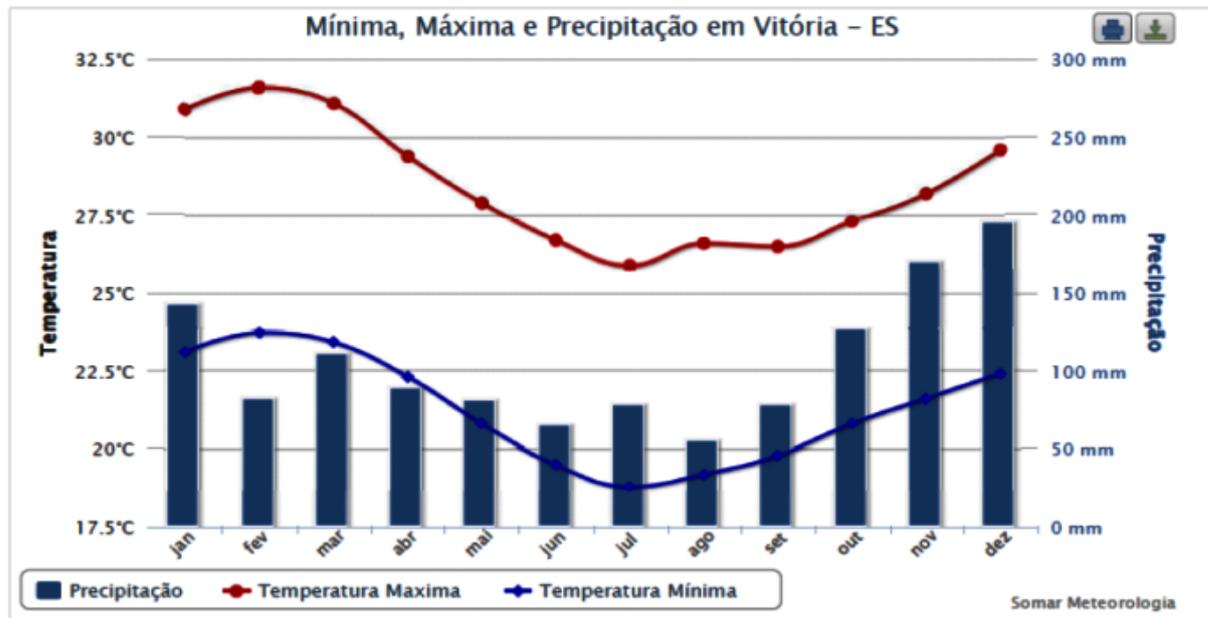
- Seleção de terreno
- Mínima movimentação de terra
- Ampliação de área permeável
- Gerenciamento de águas pluviais
- Preservação de habitat natural
- Redução do efeito *ilha de calor*³⁴
- Recuperação de águas contaminadas
- Incentivo ao transporte alternativo

O município de Vitória é formado por um arquipélago composto de 34 ilhas e por uma porção continental. Sua área total é de 93,38 Km², somando-se a ilha de Vitória, o território continental, todas as ilhas costeiras, estuarinas e oceânicas de Trindade e Martin Vaz.

O clima da cidade é tropical úmido com temperatura média anual de 24° C e ocorrência de precipitações pluviométricas, principalmente nos meses de outubro a janeiro. As temperaturas podem variar muito no inverno, podendo chegar aos 30°C em épocas de grande seca e 12°C quando ocorrem tempestades. A temperatura máxima absoluta já registrada na cidade foi de 39,6° C (INMET, 2011) em 25 de fevereiro de 2006 e a menor de 9° C. Vitória, por causa da Corrente Fria das Malvinas, empata com o Rio de Janeiro como a capital brasileira com menores taxas de precipitação pluviométrica, sendo que na cidade é de 1153mm. Vitória também é a cidade que apresenta as menores amplitudes térmicas de todo o Espírito Santo.

³⁴ As *ilhas de calor* urbanas são fenômenos microclimáticos favoráveis ao aumento da temperatura no inverno nas cidades de latitudes médias, mas provocam muito desconforto nas cidades de clima tropical e quente. A ilha de calor é um fenômeno também caracterizado pelo aumento da precipitação convectiva (tempestades associadas a nuvens tipo Cumulonimbus ou Cb) sobre a área urbana ou a sotavento dessa (isto é, para onde o vento arrasta o convectivo).

Figura 10 - Gráfico climático para Vitória.



Fonte: PMV, 2011

3.4 CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO

O projeto objeto desse estudo é a implantação de uma Instituição de Ensino Superior disponibilizando à sociedade novas oportunidades de formação acadêmica nas áreas biomédicas e humana. Serão previstos na edificação os seguintes cursos:

- Integral – Odontologia
- Matutinas – Ciências Biológicas, Enfermagem, Psicologia, Comunicação
- Noturna – Enfermagem, Psicologia, Comunicação, Pedagogia

As áreas de construção projetadas, os índices urbanísticos e o quadro de vagas para veículos encontram-se nos quadros 13 e 14, e conformidade com a legislação do município.

PRESSUPOSTOS E CONCEPÇÃO PROJETUALQuadro 17 - Quadro de cálculos de áreas (m²) e índices urbanísticos conforme legislação municipal vigente.

PAVIMENTO	ÁREA CONSTRUÍDA	ÁREA COMPUTÁVEL*
G1 – MEIO SUBSOLO	2269,80	0
G2 – PAV. 1	2137,77	61,26
G3 – PAV. 2	2225,63	0
G4 – PAV. 3	2222,09	0
G5 – PAV. 4	1437,01	0
BIBL. E ADM. – PAV. 5	1132,90	922,65
LAB. SAÚDE – PAV. 6	1132,90	943,19
SALA DE AULA PAV. 7/ 8/ 10	1132,90 x 3 = 3398,70	911,60 x 3 = 2734,80
CENTRO DE VIVÊNCIA	1132,90	930,69
SALA DE AULA, LAB. INF., COM., MEDICINA – PAV. 11	1132,90	946,61
COBERTURA	81,85	0
TOTAL	18304,45	6539,20
ÁREA DO TERRENO	REAL = 2963,37 / ESCRITURADA = 2933,37	
SERVIDÃO PERPÉTUA**	394,00	
ÁREA REMANESCENTE	2569,37	
COEF. APROVEITAMENTO***	2,23	
TAXA DE OCUPAÇÃO****	49%	
TAXA DE PERMEABILIDADE*****	11,5%	

Fonte: NB Projetos Ltda (2010)

Nota

* ÁREA COMPUTÁVEL- área a ser considerada para o cálculo do coeficiente de aproveitamento.

** SERVIDÃO PERPÉTUA – área a ser doada ao município.

*** COEF. APROVEITAMENTO- limite de área construída computável definida no PDU.

**** TAXA DE OCUPAÇÃO- área coberta projetada no terreno.

***** TAXA DE PERMEABILIDADE- área que não poderá ser pavimentada.

Quadro 18 - Quadro de vagas para estacionamento de veículos no prédio.

PAVIMENTO	QUANTIDADE		
	AUTOMÓVEL	MOTO	BICICLETA*
G1 – MEIO SUBSOLO	56	56	-
G2 – TÉRREO – PAV 01	48	20	43
G3 – PAV. 02	63	20	-
G4 – PAV. 03	64	17	-
G5 – PAV. 04	43	-	-
TOTAL DE VAGAS DISPONÍVEIS	274	113	43

*1 VAGA PARA CADA 40m² DE SALA DE AULA. ÁREA DE SALA DE AULA = ~1520,88 m²

Fonte: NB Projetos Ltda (2010)

3.4.1 Número de unidades previstas, caracterizando seu uso

O empreendimento será constituído de 12 pavimentos, sendo um pavimento em meio subsolo - G1, quatro pavimentos de garagem - G2, G3, G4 e G5, Pavimento Laboratórios de Saúde, Pavimento Administrativo/Biblioteca, Três Pavimentos Tipo (Salas de Aula), Pavimento destinado a Centro de Vivência e Pavimento destinado a Salas de Aula, Laboratórios e Comunicação.

O Pavimento em Meio Subsolo G1 será composto de vagas de garagem, bicicletário, circulação e hall de elevadores.

O Pavimento Térreo - G2 será composto de recepção, acesso principal de pedestres, *hall* de elevadores, área técnica, vagas de garagem, área de embarque e desembarque e acesso de veículos.

Os Pavimentos 02, 03 e 04 - G3, G4 e G5 será composto de vagas de garagem, circulação e *hall* de elevadores.

O Pavimento 05 será destinado a laboratórios de saúde, áreas de pesquisa, área técnica, capelas, banheiros masculinos e femininos, circulação e *hall* de elevadores.

O Pavimento 06 será destinado a áreas administrativas, biblioteca, banheiros masculino e feminino, circulação e *hall* de elevadores.

Os Pavimentos 07, 08 e 10, Três Pavimentos Tipo, serão destinados a salas de aula, área técnica, banheiros masculino e feminino, circulação e *hall* de elevadores.

O Pavimento 09 será destinado a centro de vivência, auditório, *foyer*, atendimento, depósito, áreas de serviço, área de preparo, área técnica, banco, estúdio, banheiros masculino e feminino, circulação e *hall* de elevadores.

O Pavimento 11 será destinado a salas de aula, laboratórios, fotografia, área técnica, cabine de gravação, banheiros masculino e feminino, circulação e *hall* de elevadores.

3.4.2 Dias e horários de funcionamento

A Instituição terá oferta de vários cursos, que serão disponibilizados nos turnos matutino, vespertino e noturno, a saber:

- Segunda à Sexta-feira: Matutino - 07:00h às 12:00h; Vespertino - 13:00h às 17:00h; Noturno - 18:00h às 22:20h.
- Sábado: Matutino - 07:00h às 12:00h.

3.4.3 População prevista de ocupação do prédio

O levantamento da população (tabela 7) servirá de base para definição de alguns compartimentos e outras necessidades impostas pela metodologia *LEED Schools NC - v3*, sendo que os números apresentados estão de acordo com os cursos a serem implantados e seu atendimento através do corpo docente e dos funcionários administrativos.

Tabela 7- População por turno.

	Matutino 07:00 às 12:00	Vespertino 13:00 às 17:00	Noturno 18:00 às 22:20
Professores	80	30	60
Funcionários	50	50	40
Alunos	720	640	720
TOTAL - usuários	850	720	820

Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

Quanto aos alunos, esses se distribuem por turnos sendo todos concentrados na hora pico de entrada e saída de cada turno, considerando a meia hora anterior e posterior a cada entrada e saída relativa a cada turno.

Para efeito de atendimento ao *LEED Schools NC - v3*, o cálculo da população deve ser transformado em fator de permanência integral, agrupando a população temporária em carga horária igual à definida como permanência integral, que é de

oito horas por dia, pela fórmula de Fator de Equivalência do Numero de Ocupantes para Tempo Integral (FTE) fornecida.

Equação 2

$$\text{FTE Ocupantes} = \frac{\text{horas de ocupação}}{8}$$

Para cálculo do número de vagas para o bicicletário, deverá ser utilizado o quantitativo da população encontrado para os horários de pico, sendo:

Bicicletário = 5% da população estimada nos horários de pico $850 \times 0,05 = 42,5 \rightarrow$ 43 vagas para bicicletas.

Para as instalações de banho recomendadas e pontuadas pelo *LEED Schools NC - v3* para atender aos ciclistas, deverá ser considerada a população total $\times 0,005$, no caso, $850 \times 0,005 = 4,25 \rightarrow$ 5 chuveiros.

3.5 CONCEPÇÃO PROJETUAL

No desenvolvimento dos projetos, além do comprometimento com o programa de necessidades visando a atender a demanda das atividades necessárias ao bom funcionamento da instituição, houve a preocupação, por parte dos empreendedores, em adotar conceitos para a execução de uma obra com menor impacto ambiental, adotando procedimentos dentro de um conceito de sustentabilidade.

A preocupação existente e ainda muito comum por parte dos empreendedores em avançar com aplicações de novos conceitos vem sempre enraizada nas questões financeiras de retorno imediato com baixos custos, sem vislumbrar as vantagens em relação ao desempenho, conforto e manutenção da edificação durante seu ciclo de vida com a aplicação de técnicas voltadas a esse propósito.

O autor propôs a aplicação dos critérios adotados pelo *LEED Schools NC - v3* nos projetos, mesmo que não haja a intenção de certificar o empreendimento, por considerar que, mais importante que o selo verde é a preocupação e prática de ações que protejam o meio ambiente. A certificação ambiental adotada pelo *LEED Schools NC - v3* não se aplica a projetos e sim à obra construída e em operação. Oportunidades para futuros trabalhos poderão ocorrer, pois haverá como aferir os resultados projetados ao final da execução e na fase de operação do prédio.

Cada projeto, dentro da sua especialidade, adotou os conceitos recomendados pelo *LEED Schools NC - v3*, havendo compatibilização entre eles. Dentro das diretrizes necessárias, deverão ser considerados o aproveitamento de águas residuais, a aplicação de materiais certificados e ambientalmente corretos, a qualidade interna do ar e o planejamento da obra com os mesmos princípios, visando às ações de baixo impacto ambiental.

Foi adotado um conceito projetual de forma a alcançar um melhor aproveitamento do terreno e uma coordenação modular que facilitasse o processo construtivo dentro de um pensamento de obra enxuta com ganho de produtividade, economia de materiais e velocidade à obra. Sua forma visa a melhorar a distribuição das salas de aulas e corredores, facilitando o controle e a segurança do usuário.

O edifício em operação contará com um sistema de automação e controle em todos os ambientes. O sistema de ar condicionado será monitorado para ganho de desempenho e economia de energia. A energia do prédio estará ligada simultaneamente com um sistema de geradores a biodiesel, que entrará em operação conforme a demanda solicitada, alternando com o fornecimento da concessionária de energia elétrica.

Durante a utilização do prédio, toda água de condensação produzida pelos evaporadores do sistema de ar condicionado será captada e armazenada em um reservatório próprio, sendo lançada por um sistema de bombas hidráulicas alimentadas por geradores fotovoltaicos até um reservatório superior, instalado na cobertura do prédio, e abastecerão as descargas sanitárias de todos os pavimentos abaixo.

Os 08 elevadores previstos serão do tipo “inteligente” e conferirão economia e agilidade ao atendimento de transporte dos alunos aos pavimentos desejados.

Os estacionamentos contarão com vagas especiais para carros com combustíveis renováveis e de baixa emissão de CO², tomadas para alimentação de veículos elétricos, além de vagas para bicicletas e motos.

O edifício contará com 12 pavimentos, sendo 5 de garagem e 7 distribuídos entre administração, área de vivência, apoio, auditórios, salas de aula e laboratório. Oito elevadores e duas caixas de escadas fazem o transporte dos usuários (ver Figura 11 até 22).

Figura 11 - Representação digital em perspectiva do projeto executado.



Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

Figura 12- Representação em planta baixa do Pavimento G1 (garagem em meio subsolo).



○ PAV. INFERIOR - G1 (MEIO SUBSOLO) - NÍVEL -1.52 (P.A.)

Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

Figura 13 - Representação em planta baixa do Pavimento G2 (garagem).



PAV. 01 - G2 - NÍVEL + 1,36 (P.A.)

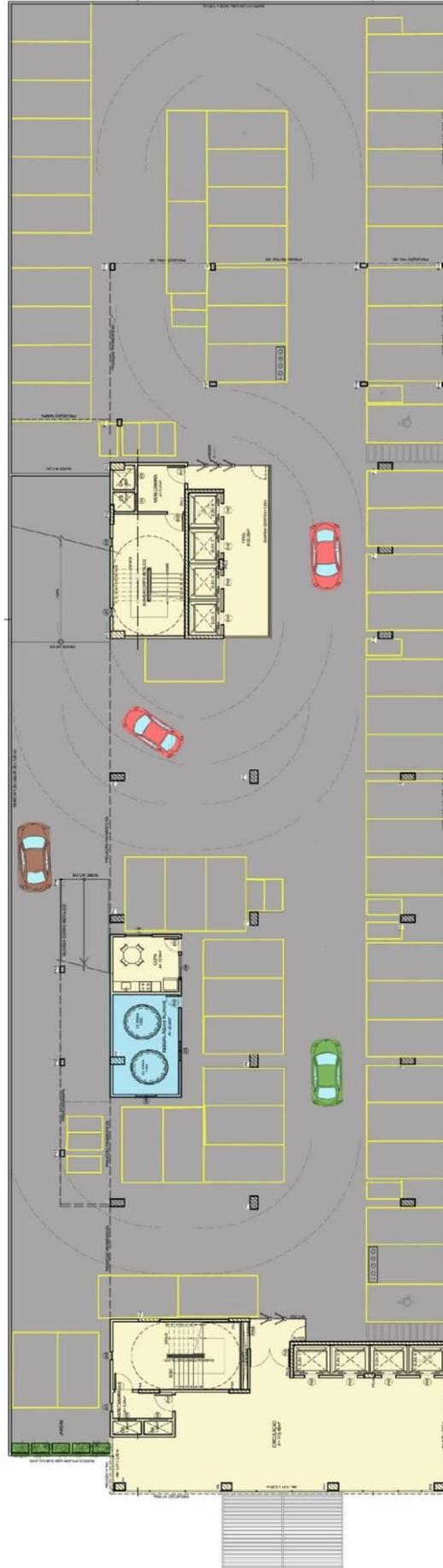
Figura 14 - Representação em planta baixa do Pavimento G3 (garagem).



PAV. 02 - G3 - NÍVEL + 4,06 (P.A.)

Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

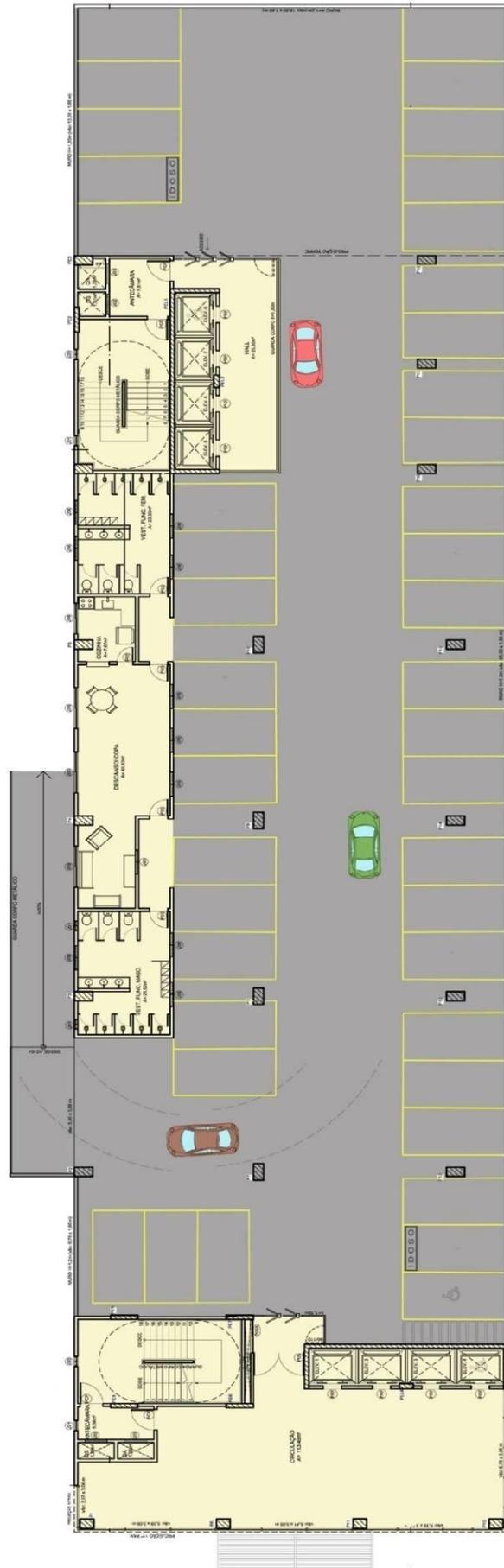
Figura 15 - Representação em planta baixa do Pavimento G4 (garagem)



PAV. 03 - G4 - NÍVEL + 6,76 (P.A.)

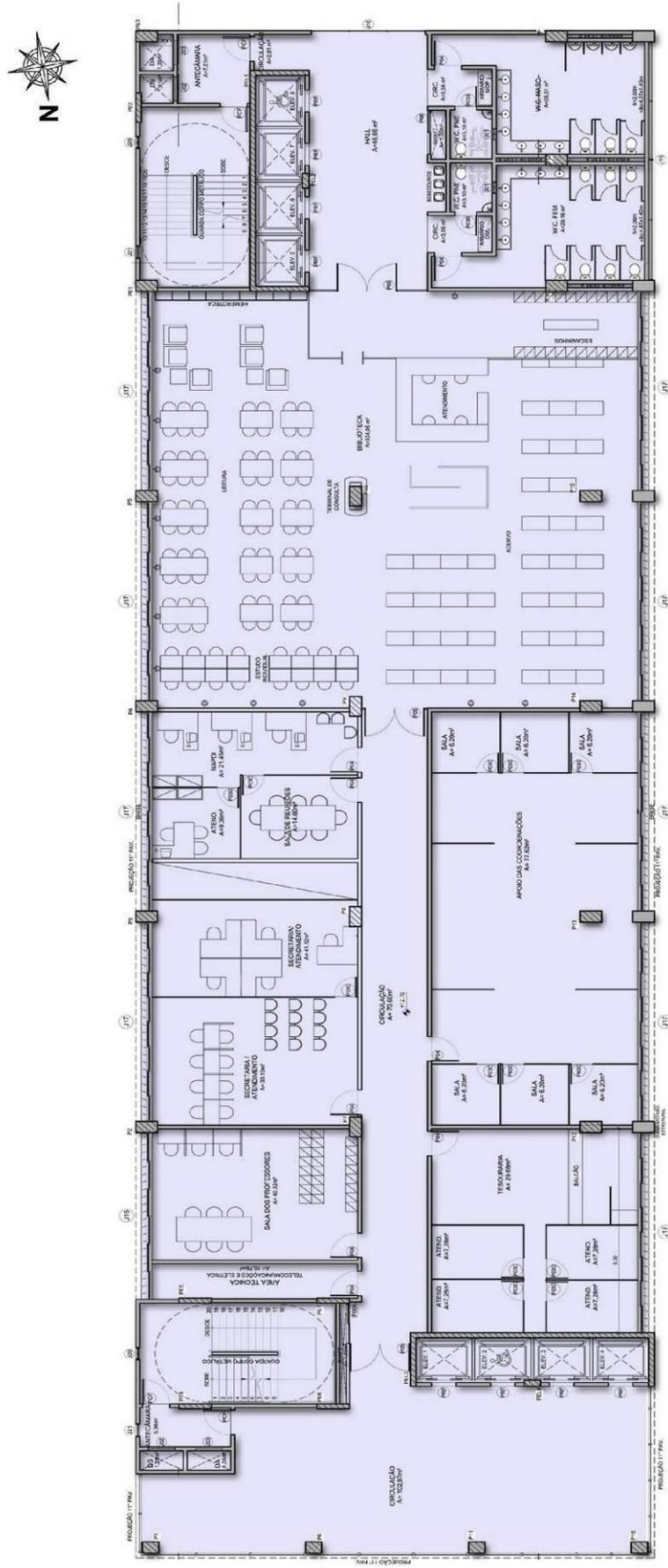
Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

Figura 16 - Representação em planta baixa do Pavimento G5 (garagem).



PAV. 04 - G5 - NÍVEL + 9,46 (P.A.)

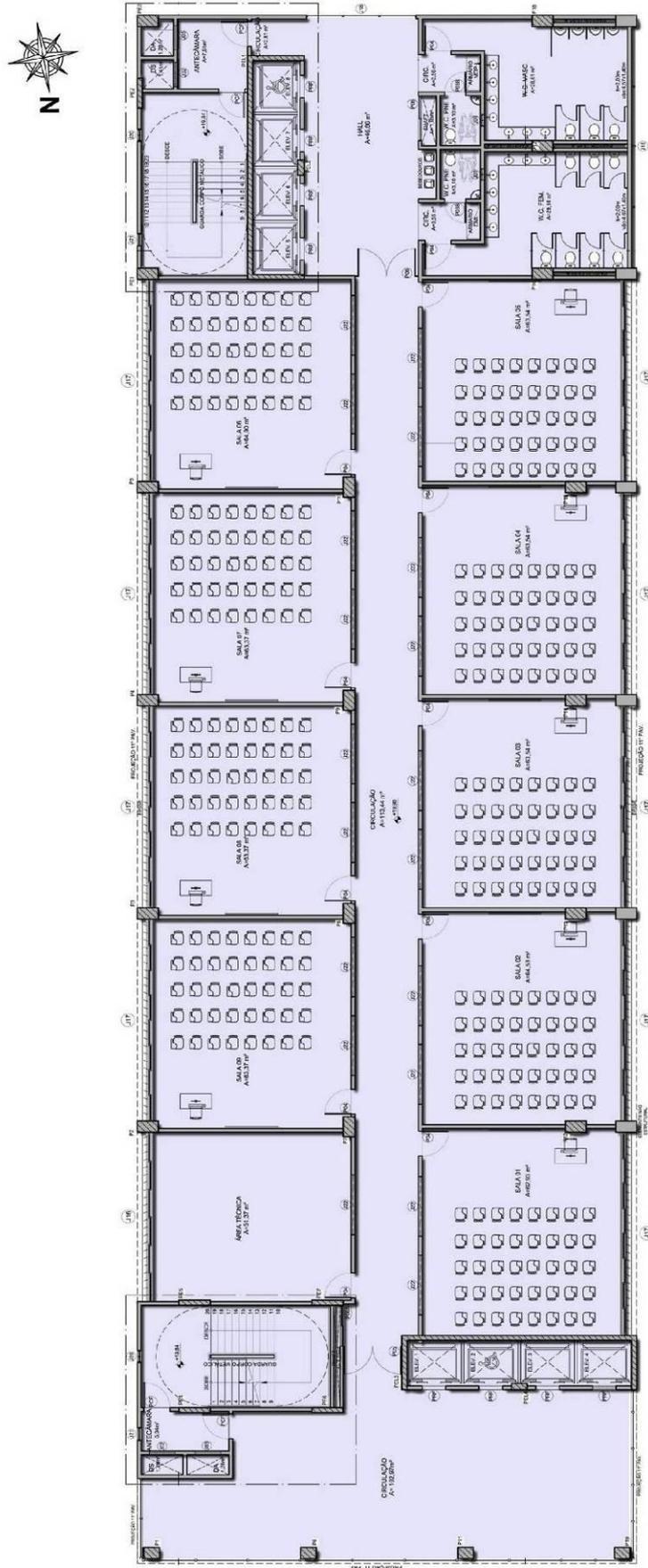
Figura 17 - Representação em planta baixa do Pavimento Administrativo e Biblioteca.



BIBLIOTECA E ADMINISTRAÇÃO - NÍVEL +12,70 (P.A.)

Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

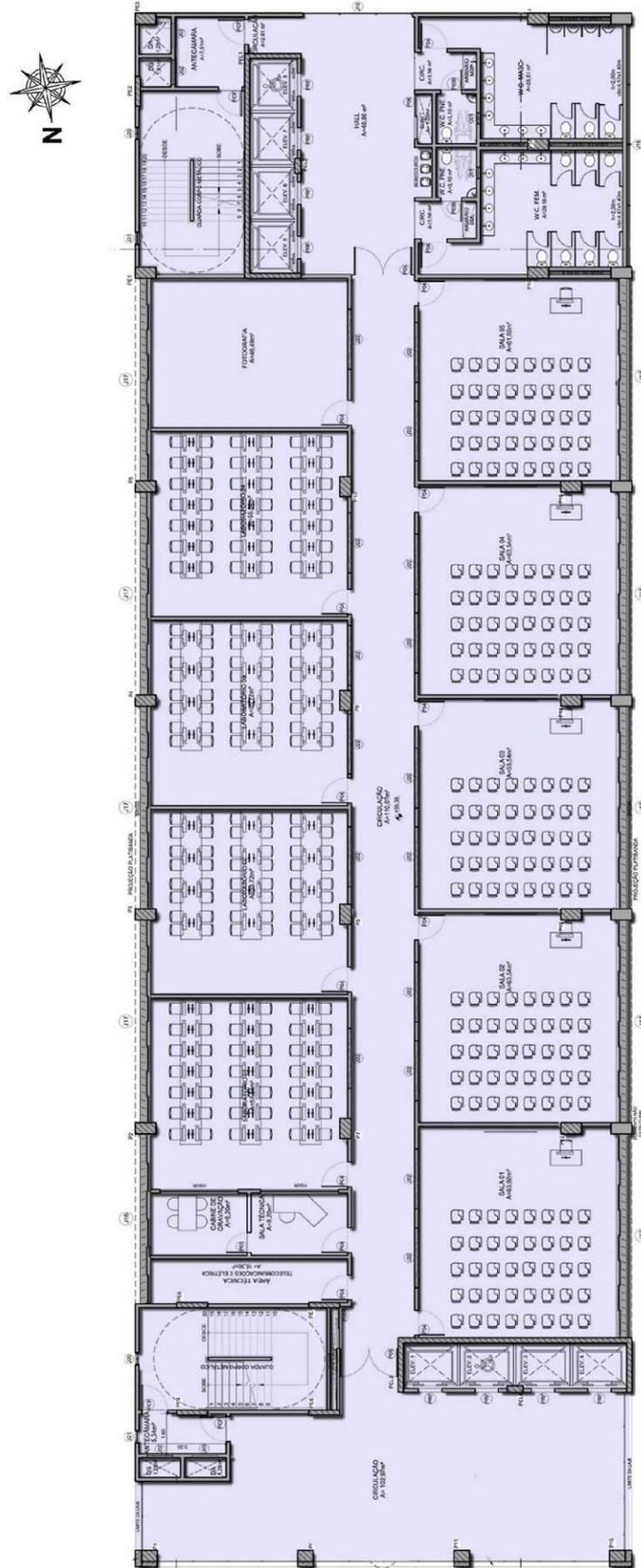
Figura 19 - Representação em planta baixa do Pavimento de Salas de Aula.



PAV.s 07/08/10 - TIPO (x3) - SALA DE AULA - TIPO 01 - NÍVEL +19,90 (P.A.)

Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

Figura 21 - Representação em planta baixa do Pavimento de Salas de Aula e Laboratórios.



SALA DE AULA, LAB. INFORMÁTICA, COMUNICAÇÃO E TUTORIA MEDICINA - NÍVEL +35,38 (P.A.)

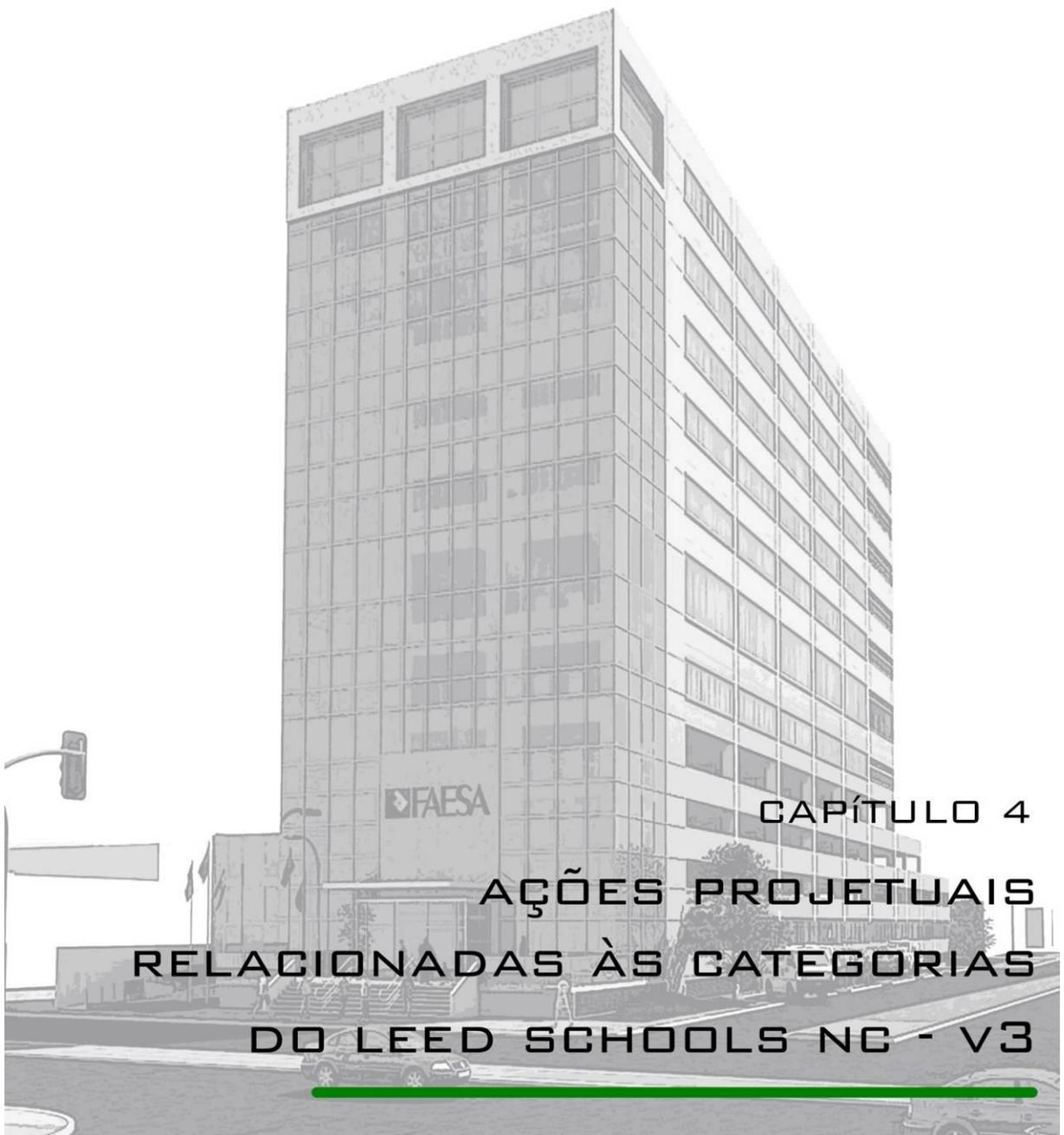
Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

Figura 22 - Representação dos pavimentos da edificação em corte transversal.



CORTE TRANSVERSAL

Fonte: NB Projetos LTDA (2011)



CAPÍTULO 4

**AÇÕES PROJETAIS
RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS
DO LEED SCHOOLS NC - V3**

4. AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS NC - V3

O ambiente construído tem um profundo impacto em nosso meio ambiente, na economia, na saúde e na produtividade. As realizações na ciência, tecnologia e nas operações dos edifícios estão agora disponíveis para projetistas, construtores, operadores e aos proprietários que querem a construção verde maximizando o desempenho econômico e ambiental. O movimento do edifício verde oferece uma oportunidade sem precedentes de responder a um dos desafios mais importantes do nosso tempo, que incluem a mudança global do clima, a dependência em fontes de energia sustentáveis e caras e de ameaças à saúde humana. Esses são os motivos que nortearam o desenvolvimento da metodologia *LEED Schools NC - v3*.

Como este trabalho não tem como propósito obter pontuações vinculadas aos créditos do check list *LEED Schools NC - v3*, citados no capítulo 2, o autor optou por descrever as ações desenvolvidas no projeto usado como modelo, referentes a cada categoria da metodologia. Alguns créditos do *LEED Schools NC - v3* não se aplicam ao trabalho, ficando descritos apenas os procedimentos adotados e que colaborarão para uma construção de menor impacto ambiental e redução do desperdício.

O principal propósito foi demonstrar que, independente de se almejar uma certificação, é possível, e deveria ser uma questão de princípios profissionais para o bem comum, ações que corroborem com a defesa do meio ambiente, adotando técnicas atualizadas e melhor capacitação dos envolvidos com o pensamento na racionalização da construção, ganhos de desempenho e durabilidade da construção.

As avaliações da ferramenta *LEED Schools NC - v3* para construções são voluntárias, baseadas no consenso e orientadas para o mercado. Com referencia na tecnologia existente e comprovada, é avaliado o desempenho ambiental do ponto de vista do prédio como um todo ao longo do seu ciclo de vida, desde a concepção projetual, a construção e a operação.

São as seguintes categorias da metodologia *LEED Schools NC - v3* utilizadas, sendo:

- Sítio sustentável (SS);
- Eficiência da água (WE);
- Energia e atmosfera (EA);
- Materiais e recursos (MR);
- Qualidade do ambiente interno (IEQ);
- Inovação no projeto (ID);
- Prioridade regional (RP).

4.1 CATEGORIA – SÍTIO SUSTENTÁVEL (SS)

Essa categoria tem como intenção a redução da poluição proveniente de atividades de construção, controlando a erosão do solo, a sedimentação fluvial e a geração de poeira aérea.

Na seleção do sítio a intenção é evitar o desenvolvimento de locais inapropriados e reduzir o impacto ambiental a partir da localização de um edifício em um local.

Quadro 19 - Categorias e créditos do LEED Schools NC - v3 quanto aos sítios sustentáveis.
Continuação.

SÍTIOS SUSTENTÁVEIS - SS	
Pré-requisito 1	Atividade de Construção de Prevenção à Poluição
Crédito 1	Seleção do Sítio
Crédito 2	Desenvolvimento Densidade e Conectividade com a comunidade
Crédito 3	Recuperação de áreas degradadas
Crédito 4.1	Transporte alternativo – Acesso ao transporte público
Crédito 4.2	Transporte alternativo – Bicletário e vestiário
Crédito 4.3	Transporte alternativo – Veículos de baixa emissão e eficientes
Crédito 4.4	Transporte alternativo – Capacidade de estacionamento
Crédito 5.1	Desenvolvimento do sítio: Proteção e restauração de Habitats
Crédito 5.2	Desenvolvimento do sítio: Espaços abertos
Crédito 6.1	Captação de água da chuva: controle de quantidade
Crédito 6.2	Captação de água da chuva: controle de qualidade
Crédito 7.1	Efeito ilha de calor sem telhado
Crédito 7.2	Efeito ilha de calor com telhado

Quadro 20 - Categorias e créditos do LEED Schools NC - v3 quanto aos sítios sustentáveis.
Conclusão.

Crédito 8	Redução da poluição luminosa
Pré-requisito 2	Análise ambiental do sítio
Crédito 9	Plano para o Sítio
Crédito 10	Utilização conjunta de instalações

Fonte: Adaptado de USGBC, 2011

Para a categoria Sítios Sustentáveis serão descritos os estudos realizados para a região e seu entorno urbano, através do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) elaborado para o empreendimento e desenvolvido com a participação do autor e que atenderá os créditos 1, 2, 3, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1, 5.2 e 9.

A escolha do terreno foi definida pelos empreendedores visando à melhor operacionalidade do prédio em relação às outras unidades existentes e pela oportunidade comercial oferecida na ocasião. Não houve participação dos projetistas na escolha do terreno, mas, como apresentado abaixo, através de um completo diagnóstico da região, sistema viário e fatores paisagísticos, ficou comprovado o favorecimento da atividade na região sem nenhum comprometimento que possa prejudicar o equilíbrio ambiental e causar transtornos aos moradores. Ficou comprovado, através de audiência pública, o grau de satisfação por parte da comunidade local em função da edificação. O prédio trará mais segurança e valorização ao entorno.

4.1.1 Características regionais e do entorno urbano

O objeto deste estudo está localizado na parte insular do município de Vitória, com ocupação dos morros pela população de baixa renda. O terreno encontra-se na Avenida Vitória nº 2488, no bairro Bento Ferreira, resultado de um aterro feito sobre manguezal existente na foz do rio Jucutuquara (década de 50). Os solos da região são caracterizados por aterros indiscriminados sobre solos naturais e manguezal (figura 4.3).

Figura 23 - Imagem aérea para identificação da área onde está localizado no terreno.



Fonte: Google Earth (2011).

Quanto à cobertura vegetal, a região é urbanizada, com a maioria dos lotes ocupados, ruas e avenidas pavimentadas e com elevado grau de impermeabilização. Conseqüentemente, não existem áreas extensas de cobertura vegetal, com restrição aos topos dos morros e às áreas verdes do paisagismo das ruas, avenidas e praças

A atividade proposta para a ocupação do prédio, que é de ensino superior, não é classificada como de significativo impacto ambiental, de acordo com a Resolução CONAMA 01/1986. Trata-se de empreendimento a ser edificado em área urbana consolidada, com rios canalizados e transformados em galerias cobertas. A área é servida por rede de drenagem urbana, rede de abastecimento de água e rede de coleta e tratamento de esgoto.

Os potenciais impactos ambientais nos meios físicos e bióticos são previsíveis e controláveis. A gleba sujeita a intervenção não abrange nenhuma Zona de Proteção Ambiental - ZPA.

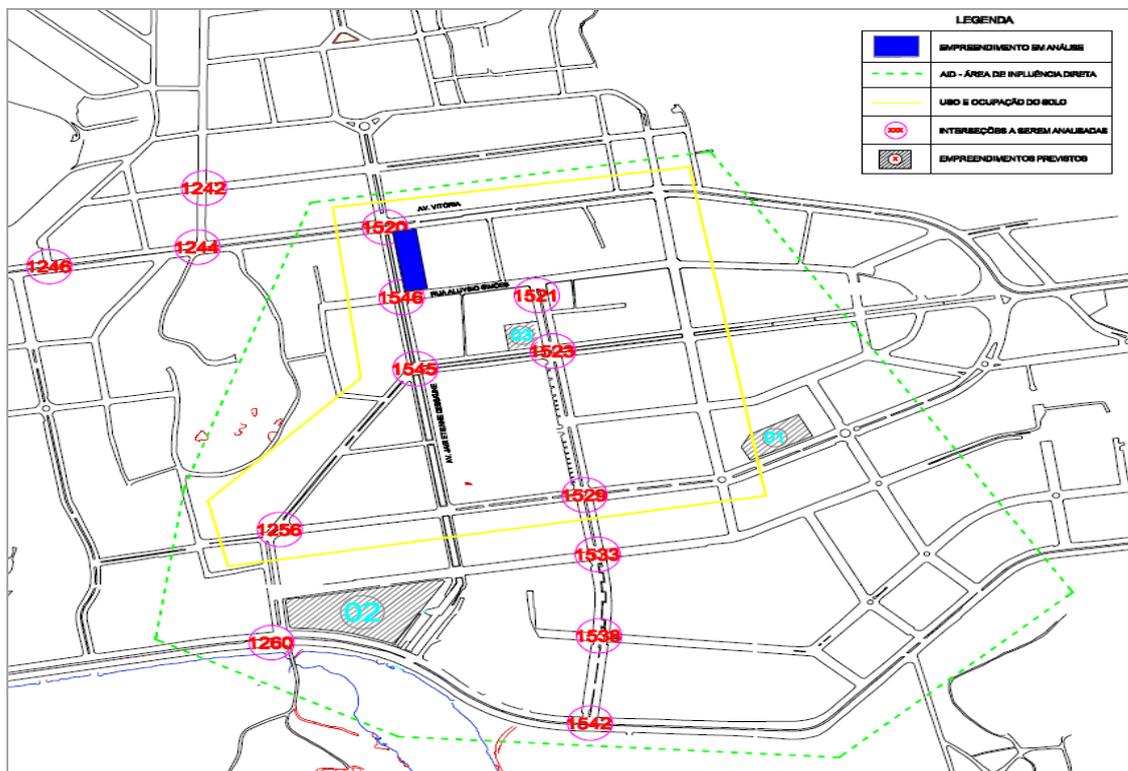
A região de inserção do empreendimento possui uma ampla oferta de transporte coletivo, sendo significativa a existência de pontos de ônibus no entorno do mesmo, em função do sistema viário predominantemente, arterial metropolitano e municipal, principalmente ao longo do corredor Avenida Vitória.

4.1.2 Área de Influência Direta (AID) do empreendimento

Sistema Viário e de Transporte na Área de Influência Direta do Empreendimento

A análise desse item se restringirá à Área de Influência Direta do objeto desse estudo demarcada pela municipalidade demonstrada na figura 24.

Figura 24 - Área de Influência Direta do Empreendimento.



Fonte: EIV – NB Projetos Ltda.

A Área de Influência Direta definida para o estudo em análise é formada basicamente por um polígono, delimitada pela Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes, Avenida Joubert de Barros, Rua Amélia da Cunha Ornelas, Rua Construtor Camilo Gianordoli, Rua Professor Arnaud Cabral, Avenida Vitória, Avenida Jair Etienne Dessaune e Rua Pedro Fonseca. A Área de Influência Direta é toda plana, apresentando uma boa relação entre a superfície destinada à circulação de pessoas e veículos, e aquela destinada a edificações.

Quanto ao Zoneamento de Planejamento estabelecido pela Lei 6.705/2006, Plano Diretor Urbano de Vitória - PDU, a AID compõe-se, principalmente, de áreas classificadas como Zona de Ocupação Preferencial -ZOP2/03, Zona de Ocupação Controlada - ZOC4 e Zona de Ocupação Preferencial -ZOP1/03, visualizadas na figura 25.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

articularão com os demais corredores, Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes e Avenida Marechal Campos, até alcançarem seus destinos finais.

As principais rotas de chegada e de saída do empreendimento em análise e dos demais previstos na AID, consideradas para efeito de alocação de tráfego são demonstradas no item correspondente.

A maioria das vias que compõem a Área de Influência Direta é pavimentada com concreto asfáltico, à exceção da Avenida Jair Etienne Dessaune e do trecho da Rua Aluysio Simões, que são pavimentadas com bloco intertravado de concreto. As vias de acesso/saída apresentam boas condições de rolamento e uma boa sinalização horizontal e vertical.

De acordo com o referido Plano, em seu Capítulo IV - Do Sistema Viário Básico, Art. 122, a Hierarquização Viária do Município atenderá à seguinte classificação:

I - Vias Arteriais Metropolitanas: são vias de ligação intermunicipal que funcionam na coleta e distribuição dos fluxos de veículos que circulam pelos centros metropolitanos com maior concentração de atividades;

II - Vias Arteriais Municipais: são vias de ligação intra-municipal que funcionam na coleta e distribuição dos fluxos de veículos que circulam pelos centros com maior concentração de atividades do Município de Vitória;

III - Vias Coletoras: são vias complementares às vias arteriais com função coletora e distribuidora dos fluxos de veículos que circulam pelos bairros, centros de bairros e de vizinhança;

IV - Vias Locais Principais: são vias de acesso ao bairro que distribuem os fluxos de veículos pelas vias locais do próprio bairro;

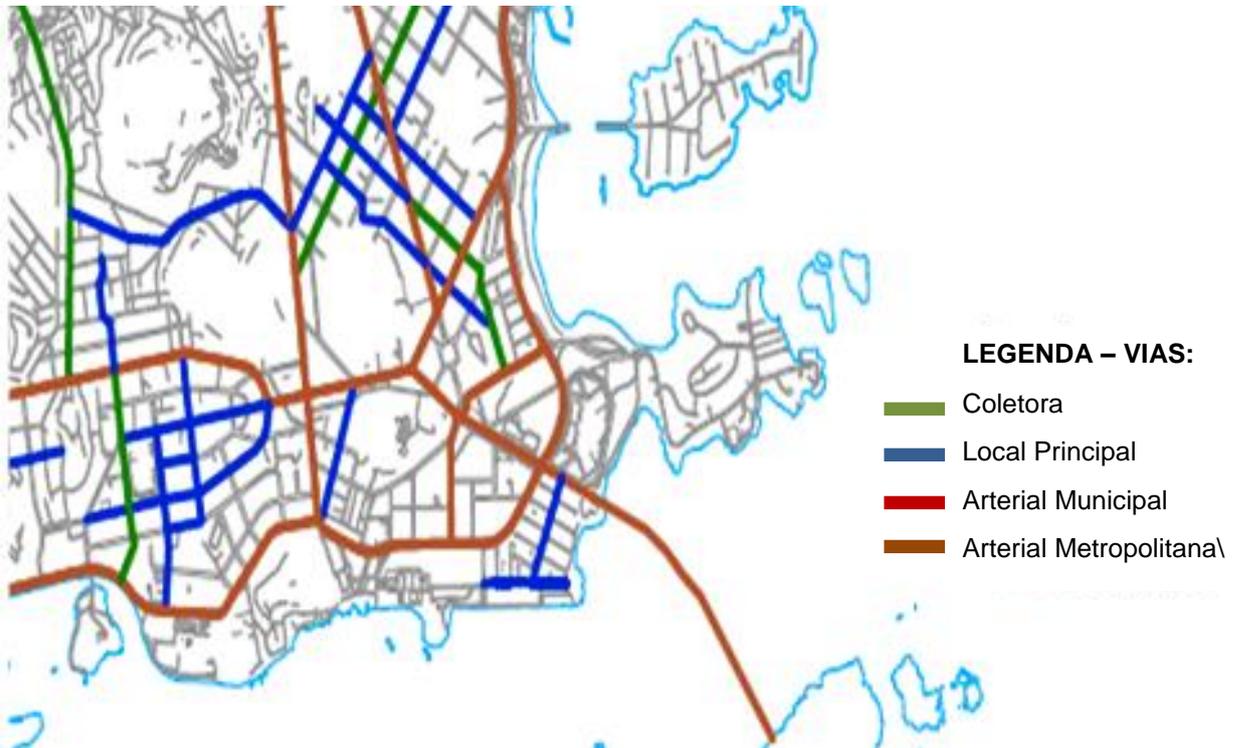
V - Vias Locais: são vias do bairro que servem, predominantemente, às necessidades de circulação dos moradores no acesso aos seus imóveis;

VI - Vias de Pedestres: são vias para circulação exclusiva de pedestres separada do tráfego geral de veículos.

Segundo classificação viária adotada pelo Plano Diretor Urbano de Vitória - Lei 6.705/2006, Anexo 4 - HIERARQUIZAÇÃO VIÁRIA, as principais vias que compõem a AID, a Avenida Vitória e a Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes são vias arteriais metropolitanas; a Avenida Marechal Campos e a Avenida Joubert de Barros são vias coletoras; e a Rua Amélia da Cunha Ornelas, Avenida Carlos Moreira Lima e Avenida Cezar Hilal são vias locais principais. As demais vias, em sua maioria, são classificadas como vias locais.

A hierarquização viária das vias que compõem a malha viária da AID pode ser visualizada na figura 26.

Figura 26 - Hierarquização Viária da AID.



Fonte: PDU de Vitória, 2009.

Já a região lindeira ao empreendimento conta com dois pontos de ônibus principais localizados na Avenida Vitória, um em frente ao D&D Home Center, sentido bairro-centro, e outro em frente à Secretaria Municipal de Obras – SEMOB, sentido centro-bairro. Ficam em média a 100 metros do empreendimento e possuem elevada demanda de pedestres usuários do transporte coletivo, em função das proximidades de grandes pólos geradores de viagens, Hospital da Polícia Militar, Escola de Enfermagem, SEMOB, e por serem os principais pontos de ônibus de acesso aos bairros Horto/ Consolação e Ilha de Monte Belo/Bento Ferreira. São alimentados, inclusive, por linhas troncais do Sistema Intermunicipal e por linhas municipais do Sistema de Transporte Coletivo Municipal (figura 27).

Figura 27 - Pontos de Ônibus.



Fonte: Acervo próprio.

Dessa forma, verifica-se que, em relação às distâncias deslocadas para utilização do modal ônibus, os usuários do empreendimento encontram-se atendidos.

Não há ciclovias implantadas até o momento. Sua execução está dentro dos planos e estratégias municipais para atendimento ao bairro.

Todos os demais estudos e cálculos de tráfego, sistemas viários, mapa de semáforos e estudos da interferência viária encontram-se no Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV).

4.1.3 Diagnóstico do ambiente urbano

Levantamento e Caracterização do Uso e Ocupação do Solo da Área de Influência Direta

Para efetuarmos o Diagnóstico do Uso do Solo na Área de Influência Direta do empreendimento, foram necessários levantamentos em campo para identificar *a priori* a ocupação de todos os lotes componentes da AID.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Num primeiro momento, foi realizado o levantamento dos tipos de ocupação, analisando áreas vazias, ocupadas e em construção.

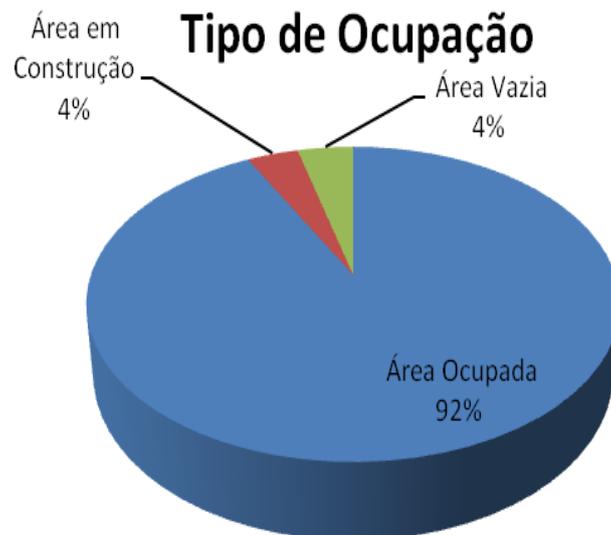
Analisando a AID a partir da tabela 8 e da figura 28, verifica-se que 92,25% dos lotes da área em estudo estão ocupados, 4,04% são áreas vazias e 3,71% estão em construção.

Tabela 8 - Forma de Ocupação, Áreas e Percentuais.

Tipo de Ocupação	Área (m ²)	Percentual
Área Ocupada	498.695,36	92,25%
Área em Construção	20.068,40	3,71%
Área Vazia	21.828,36	4,04%
Total	540.592,12	100,00%

Fonte: Acervo da NB Projetos, 2011

Figura 28 - Gráfico de forma de ocupação, áreas e percentuais.



Fonte:NB Projetos Ltda, 2011

Verifica-se que apenas 21.828,36 m² ou 4,04% da área total na Área de Influência do empreendimento encontram-se em processo de construção. Foram observadas três obras na AID, duas de uso não residencial (comercial/serviço) e uma de uso misto, conforme descrição na tabela 9.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Tabela 9 - Relação de obras na Área de Influência Direta.

Proprietário	Alvará	Expedição	Uso	Nº Un.	Nº Vagas	Nº Pav ^{tos}	Área Construída (m ²)
Enoe Armondes Gama	1603/08	20/03/08	Misto	15	37	20	19.547,52
Aspomires*	01941/08	03/12/08	Comercial	-	5	02	1.008,17
SRR Empreendimentos Imobiliários Ltda	02885/10	04/11/10	Comercial	1	-	01	3.200,00

Fonte: Associação dos Policiais Militares do Espírito Santo, 2011.

Observa-se que a tendência de ocupação na AID em edificações não residenciais se mantém também nas obras em curso. Após a implantação dessas edificações, o uso não residencial passará a representar aproximadamente 64,50% do total da área.

Realizou-se, ainda, o levantamento por lote, classificando as áreas pelo tipo de uso, nas categorias: residencial unifamiliar, residencial multifamiliar, não residencial, uso misto e vazio/sem uso. A Figura 29 ilustra esses resultados, que estão compilados na Tabela 10 e na Figura 30.

Tabela 10 - Tipo de Uso da AID, Áreas e Percentuais.

TIPO DE USO	Área (m ²)	Percentual
Vazio/Em Obra	41.896,76	7,75%
Residencial Unifamiliar	80.719,92	14,93%
Residencial Multifamiliar	39.576,88	7,32%
Não Residencial	344.455,91	63,72%
Misto	33.942,65	6,28%
Áreas Livres de Uso Público	-	-
Total	540.592,12	100,00%

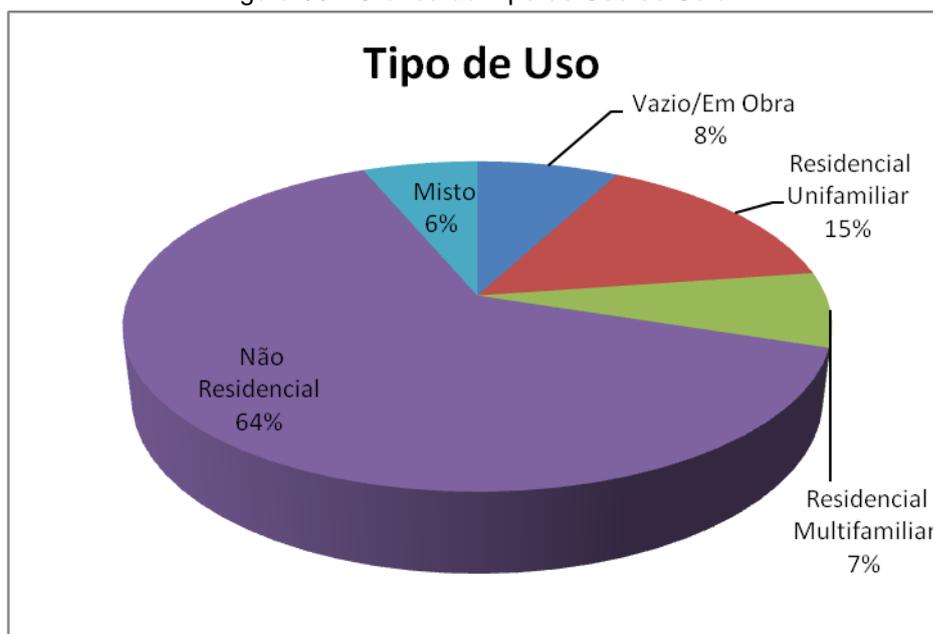
Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

Figura 29 - Uso do Solo na AID.



Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

Figura 30 - Gráfico do Tipo de Uso do Solo.



Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

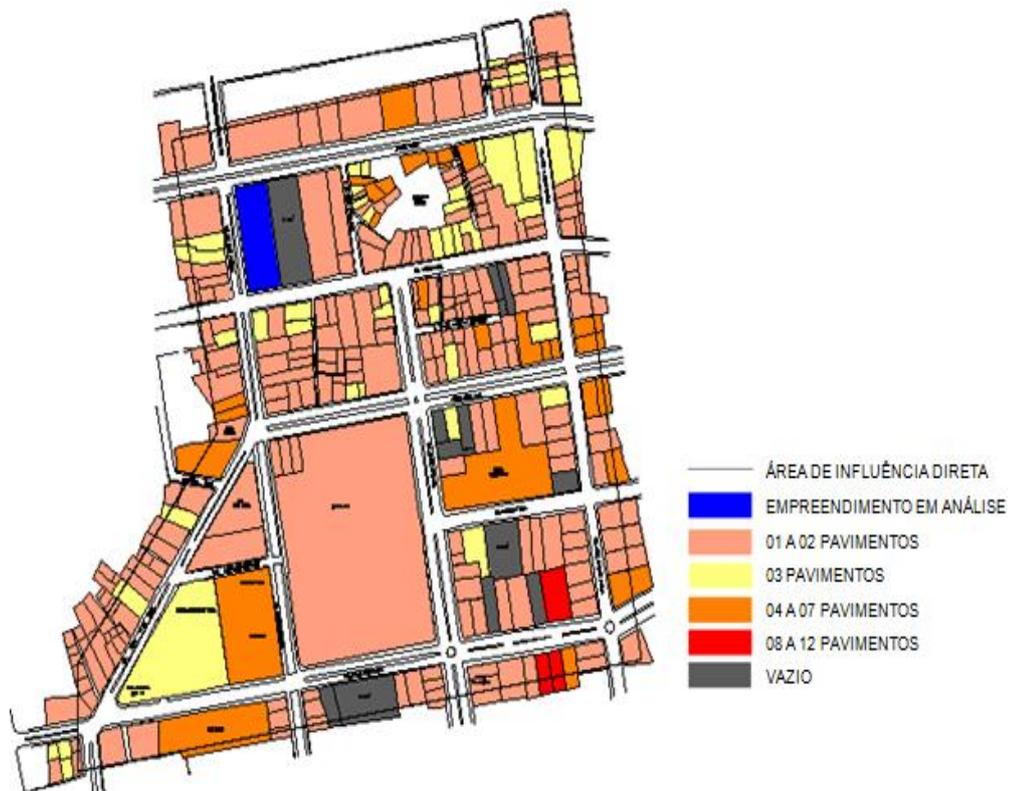
O levantamento de campo aponta que o uso predominante é o Não Residencial (comércio e serviço) com 64% do total da área, seguido de residencial unifamiliar com 15%. A incidência de vazios em obras, uso residencial multifamiliar e misto ocorrem em proporções muito pequenas e semelhantes, variando de 6 a 8% do total da área.

O empreendimento em análise, com uso serviço, vem reforçar a característica da AID, confirmando a tendência da ocupação por edificações não residenciais.

Outra análise realizada foi a de mapear gabarito por lote e agrupar o gabarito considerando as seguintes faixas de classificação: 01 a 02 pavimentos, 03 pavimentos, 04 a 07 pavimentos, 08 a 12 pavimentos e acima de 12 pavimentos, (Figura 4.9).

O percentual do número de pavimentos por terreno, conforme classificação descrita acima podem ser visualizados na figura 31.

Figura 31 - Gabaritos das edificações da AID.



Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

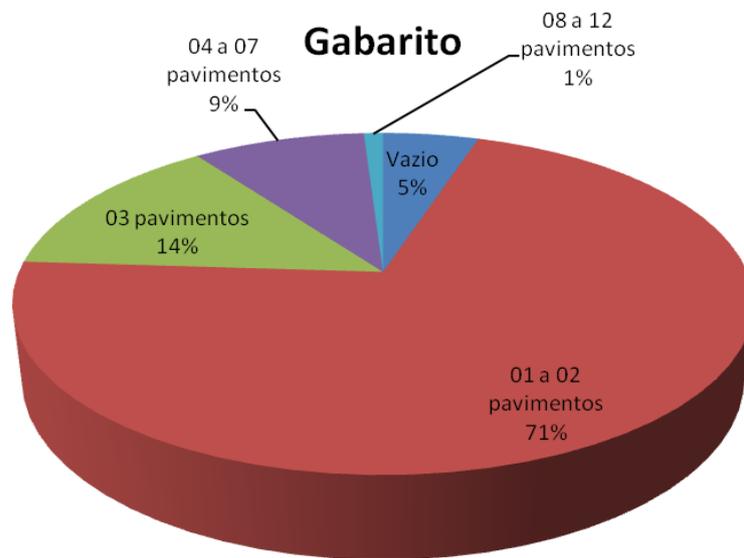
A compilação do levantamento de campo é apresentada na tabela 11, na qual se verifica que 71% dos terrenos possuem edificações de um a dois pavimentos, seguido de 14% com edifícios de três pavimentos, 9% com edifícios de quatro a sete pavimentos e apenas 1% com edifícios de oito a doze pavimentos. Verifica-se ainda que 5% dos terrenos encontram-se vazios, não sendo observadas edificações com mais de 12 pavimentos.

Tabela 11 - Número de Pavimentos e Números de Lotes.

Nº Pavimentos	Nº Lotes	Percentual
Vazio	14	5%
01 a 02 pavimentos	224	71%
03 pavimentos	45	14%
04 a 07 pavimentos	8	9%
08 a 12 pavimentos	3	1%
Acima de 12 pavimentos	-	-
Total	314	100%

Fonte: NB Projetos Ltda., 2011

Figura 32 - Gabarito das Edificações por Lote.



Fonte: NB Projetos Ltda., 2011

Foi calculado o potencial de área renovável (m² e %), considerando vazios 01, 02 e 03 pavimentos, considerando o potencial construtivo com o total das áreas dos terrenos vazios somados aos que abrigam edificações de 01, 02 e até 03

pavimentos, obtém-se que aproximadamente 90% da AID têm potencial construtivo e/ou de renovação na sua ocupação. Pode-se concluir que a AID, apesar de apresentar um percentual muito pequeno de lotes vazios, representado por 14 lotes ou 5% do total, apresenta alto potencial de renovação na sua ocupação, proporcionado pelo grande número de edificações de até 03 pavimentos.

Quanto ao perfil dos usos não residenciais, por predominância nas diferentes partes, com relação ao porte, tipo de atividade, potencial de impacto e raio de atendimento, foi verificado que a Área de Influência Direta do empreendimento compreende basicamente o Bairro de Bento Ferreira, e também uma pequena parte do Bairro Ilha de Monte Belo. Nessa AID, notadamente em Bento Ferreira, os usos não residenciais, principalmente comércio e serviço, são bastante diversificados, tanto em especialidade quanto em porte, não se observando nenhuma predominância acentuada.

No entanto, na Avenida Vitória está instalado, entre outros, comércio de materiais de escritório, papelaria e afins, como o Atacado São Paulo e CA Aviamentos, recentemente ampliados; comércio de materiais de construção, como o D&D Home Center e revenda de automóveis e motocicletas, como Renault, Jac, Hundai e Peugeot, ainda assim, sem predominância de atividades ou tendência de ocupação.

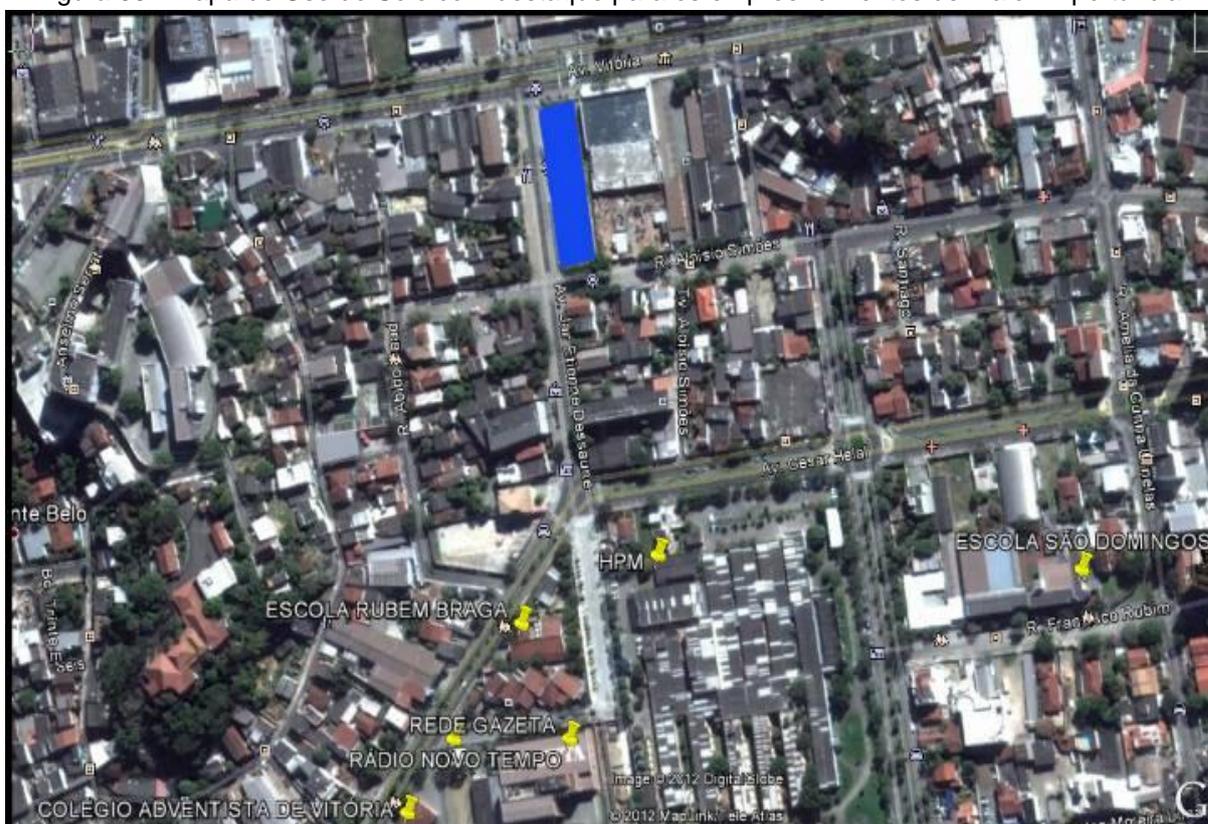
Outros empreendimentos de maior porte também estão nessa região, tais como o Hospital da Polícia Militar (HPM), redes de comunicação, incluindo, jornal, TV e rádio, escolas públicas e particulares, instituições religiosas e sociedades discretas ou associações – definição legal das lojas maçônicas.

Todos esses usos têm seu raio de abrangência municipal de forma mais cotidiana e alguma atratividade intermunicipal, principalmente o HPM ao longo de todo o ano e os atacadistas de materiais diversos nos períodos pré-escolares e de festas populares, entre outros. Foram destacados em mapa (Figura 33), os empreendimentos considerados como de maior potencial de impacto com identificação dos usos a que se destinam os empreendimentos que se encontram em construção na AID.

Nessa estão destacados alguns dos empreendimentos considerados como de maior potencial de impacto e potencial de geração de viagens, com identificação dos usos

a que se destinam os empreendimentos que se encontram em construção na AID, tais como o Hospital da Polícia Militar (HPM), redes de comunicação, incluindo, jornal, TV e rádio (Rede Gazeta e Rádio Novo Tempo), escolas públicas (Centro Municipal de Educação Infantil Rubem Braga) e particulares (Escola São Domingos e Colégio Adventista de Vitória), faculdade Faesa, instituições religiosas (Igreja Adventista, Igreja Católica) e sociedades discretas ou associações (Grande Loja Maçônica), sendo a área de estudo destacada em cor azul.

Figura 33 - Mapa de Uso do Solo com destaque para os empreendimentos de maior importância.



Fonte: Google Earth, acessado em julho de 2011.

Conforme apresentado anteriormente, foram identificados apenas três empreendimentos em construção na AID, todos de uso não residencial.

Como síntese conclusiva, podemos afirmar que a principal atividade realizada na região pesquisada é *compras* com 41%, visto que na AID muitos empreendimentos apresentam esta atividade econômica. Quando agrupamos as atividades de comércio e serviço, o percentual sobe para 50%. A segunda atividade verificada foi

trabalhar com 36%. O meio de transporte utilizado pela maioria é o *ônibus* com 57%, seguido de *automóvel próprio* com 15% e *a pé* com 11%.

Foi concluído, também, que o empreendimento apresenta baixa percepção de incômodo privativo, assim como no entorno, e que haverá maior movimento no comércio, assim como sua visibilidade. Além disso, a valorização dos imóveis repercutirá positivamente com a implantação da nova instituição de ensino superior.

4.1.4 Fatores Paisagísticos

Descrição da paisagem circundante à obra, considerando a escala municipal destacando e qualificando os componentes geológicos, biológicos, antrópicos e histórico-culturais.

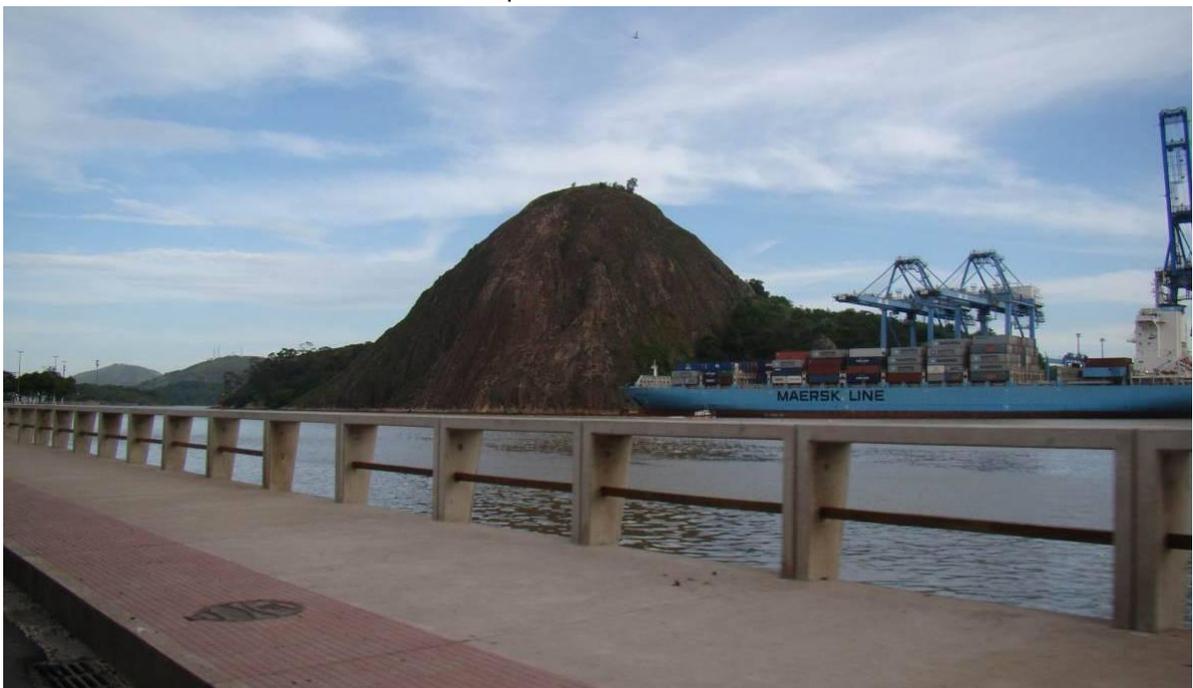
Dentre os referenciais utilizados para interpretação da paisagem e análise dos possíveis impactos visuais sobre esta, estão a presença e a importância de monumentos tombados, marcos arquitetônicos e elementos naturais significativos (morros, cursos d'água, ilhas, florestas, montanhas, vales), as relações entre espaços livres e construídos (públicos ou privados), estudos volumétricos (cheios e vazios) e suas relações com os espaços públicos, entre outros.

Dentro da vizinhança imediata do empreendimento não existem elementos naturais de interesse de preservação, no entanto, fora desses limites, está a baía de Vitória. Resultante do encontro de rios e do mar, a baía de Vitória forma um grande estuário com diferentes manguezais e ilhas, compondo-se de diferentes paisagens. Essas paisagens vêm sendo alteradas desde as décadas de 40 e 60, quando a ocupação urbana da capital avançou sobre o mar na Baía de Vitória. Com aterros que se prolongaram da região da Esplanada Capixaba até Bento Ferreira, a cidade de Vitória cresceu a partir daí até atingir o canal da Passagem, ocupando espaços até então pouco adensados.

Dentre os elementos naturais presentes na baía de Vitória destacam-se o Penedo (figura 34), um maciço rochoso do tipo “pão de açúcar” com pouco mais de 130 metros de altura. Esse importante marco visual da cidade de Vitória (apesar de

geograficamente se localizar em Vila Velha) foi tombado como bem natural pelo Conselho Estadual de Cultura através da Resolução CEC nº 07/1983. Além do Penedo, existem ainda na baía de Vitória, mas também fora da área de influência direta do empreendimento, as ilhas do Urubu, das Cobras, da Fumaça e das Pombas, todas elas importantes marcos naturais, sendo essa última tombada em nível municipal.

Figura 34 - Vista do Penedo em Vila Velha - Importante marco visual, localizado além dos limites da AID do empreendimento em análise.



Fonte: acervo pessoal

Quanto à existência de edificações de interesse de preservação ou tombadas, cabe ressaltar que, no entorno considerado para fins de estudo do impacto visual ocasionado pelo empreendimento e em suas imediações, não existem tais elementos. Porém, no entorno imediato, podemos destacar a presença do Forte São João, edificação tombada pelo Conselho Estadual de Cultura em 1991 e que, após manter-se como forte até o ano de 1888, foi adquirido por particular e denominado Chácara do Bispo. Em 1924, sob nova propriedade, foi construído o Cassino Trianon, que mais tarde, em 1902, foi a leilão, tendo sido arrematado pelos sócios do Clube Saldanha (Figura 35). Essa edificação não recebe impactos originados pela construção do empreendimento em análise.

Figura 35 - Vista do Forte São João – Patrimônio tombado em nível estadual, localizado fora da AID do empreendimento em análise.



Fonte: Acervo pessoal

A vegetação predominante nas proximidades do local de implantação do empreendimento é composta predominantemente por oitizeiros (*Licania tomentosa*), cássias amarelas (*Cassia* sp.), ipês (*Tabebuia* sp.), além de alguns exemplares de amendoeiras (*Terminalia catapa*) e espirradeiras (*Nerium oleander*), além de gramíneas (*Zoysia japonica*) e outras categorias vegetais em menor quantidade ou de menor importância (figuras 36 e 37).

Vale ressaltar que grande parte desta vegetação, apesar de nativa das terras brasileiras, foi inserida pelas mãos do homem nos passeios e no interior dos lotes. O empreendimento não interfere com essa vegetação.

Figura 36 - Ipês e cássias - vegetação arbórea encontrada na área de estudo.



Fonte: Acervo pessoal

Figura 37 - Espirradeiras - vegetação arbustiva encontrada na área em estudo.



Fonte: Acervo pessoal

A figura 38 ilustra os marcos importantes na paisagem na região da Baía de Vitória, além de outras visuais que se destacam na paisagem da cidade, como a Pedra dos dois Olhos, o Morro Jucutuquara e o Morro Grande.

Figura 38 - Localização de alguns espaços públicos marcantes na paisagem do local.



Fonte: Google Earth, 2011.

Caracterização do terreno em função do grau de visibilidade estabelecido entre o mesmo e os espaços públicos do entorno, abrangendo a escala municipal

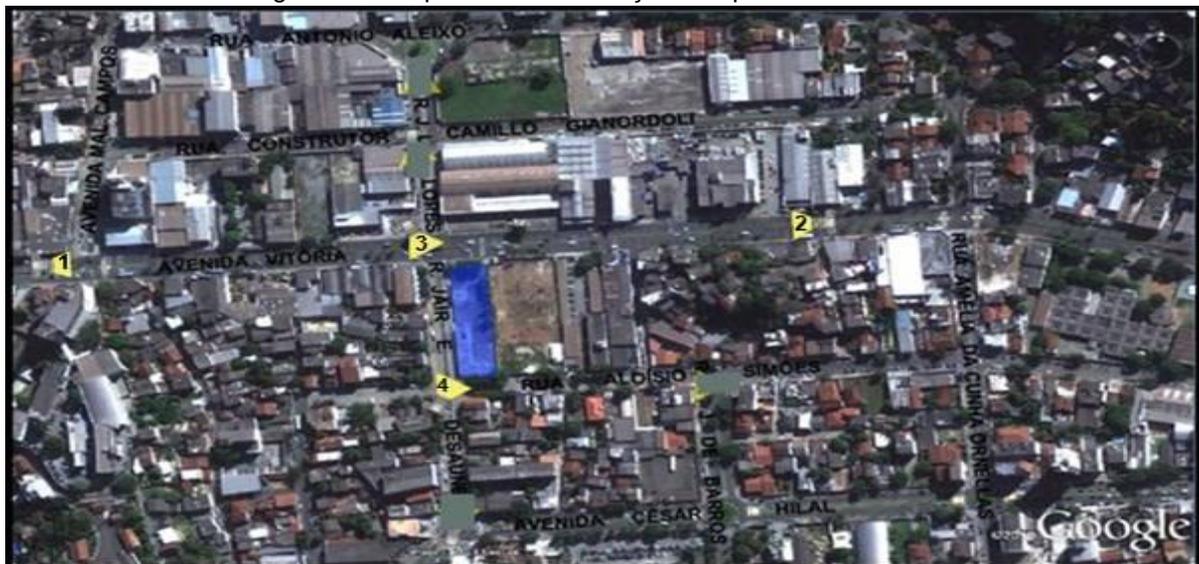
O relevo do local onde se situa o empreendimento em análise, bastante plano, aliado ao gabarito reduzido da maior parte das edificações do entorno, faz com que o empreendimento seja bastante visível de determinadas visadas, sobretudo das que acontecem paralelas ao eixo da Avenida Vitória e da Rua Jair Etienne Dessaune, conforme será demonstrado a seguir.

Seleção de Pontos Para Análise da Paisagem

A fim de analisar os possíveis impactos visuais que poderiam ocorrer após a implantação do empreendimento, foram determinados, em atendimento ao Termo de Referência e a partir de visitas ao local, os seguintes pontos de visadas: (Figura 39).

1. Avenida Vitória x Avenida Marechal Campos;
2. Avenida Vitória nas proximidades do Atacado São Paulo;
3. Rua Joaquim Leopoldino Lopes x Avenida Vitória;
4. Rua Jair Etienne Dessaune x Rua Aloísio Simões.

Figura 39 - Mapa com a localização dos pontos de visadas.



Empreendimento em análise



Ponto de visada

Fonte: Google Earth.

Simulação Gráfica de Inserção do Empreendimento e Avaliação de Impacto

Buscando observar as relações estabelecidas entre a implantação do empreendimento em questão e os elementos presentes em seu entorno, foram feitas fotografias a partir dos pontos de visadas definidos anteriormente. Sobre essas imagens, foram feitas simulações considerando as condições atuais e as condições de pós-implantação do empreendimento. Nessas simulações, foi considerada a altura média do brasileiro, tendo sido utilizada uma modelagem simplificada do

AÇÕES PROJETAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

edifício, com base no projeto arquitetônico existente, que foi inserida na base cartográfica disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Vitória, através do GeoWeb Vitória, cujas imagens seguem da figura 40 até a figura 42.

Figura 40 - Visada atual (a) e simulação da visada com empreendimento implantado (b) na Avenida Vitória, há aproximadamente 1 km de distância.



(a)



(b)

Fonte: Acervo Pessoal

Figura 41 - Visada 02 – Visada atual (a) e simulação da visada com empreendimento implantado (b) a partir do cruzamento da Avenida Vitória com a Avenida Marechal Campos.



(a)



(b)

Fonte: Acervo Pessoal

Figura 42 - Visada atual (a) e simulação da visada com empreendimento implantado (b) a partir da Rua Joaquim Leopoldino Lopes X Avenida Vitória.



(a)



(b)

Fonte: Acervo Pessoal

Analisando as simulações e considerações apresentadas neste estudo, podemos concluir que o empreendimento em questão se insere em área já bastante consolidada da cidade, sobretudo se considerarmos os demais empreendimentos já aprovados na região.

Podemos afirmar, assim, que os impactos visuais causados pela sua implantação serão incorporados à paisagem urbana de seu entorno imediato, sem oferecer grande contraste a já consolidada presença humana no local, que segue as determinações da legislação urbanística vigente.

4.1.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Conclui-se, portanto, que, em relação às características regionais e o entorno urbano é perfeitamente viável a inserção da obra objeto deste estudo na sua concepção proposta, uma vez que não haverá impactos urbanos negativos gerados na sua implantação.

O impacto de sua implantação não é significativo quando comparados à atual situação de seu entorno, não havendo a necessidade de proposição e implantação de medidas mitigadoras e/ou compensatórias.

Há uma previsão de alteração no trânsito local, o qual será definido pela prefeitura, com uma proposta de abrir uma nova artéria viária ligando o bairro à beira mar, sem, contudo, alterar os planos e os projetos propostos para o estudo do empreendimento, mas já contemplado na planta de situação do imóvel.

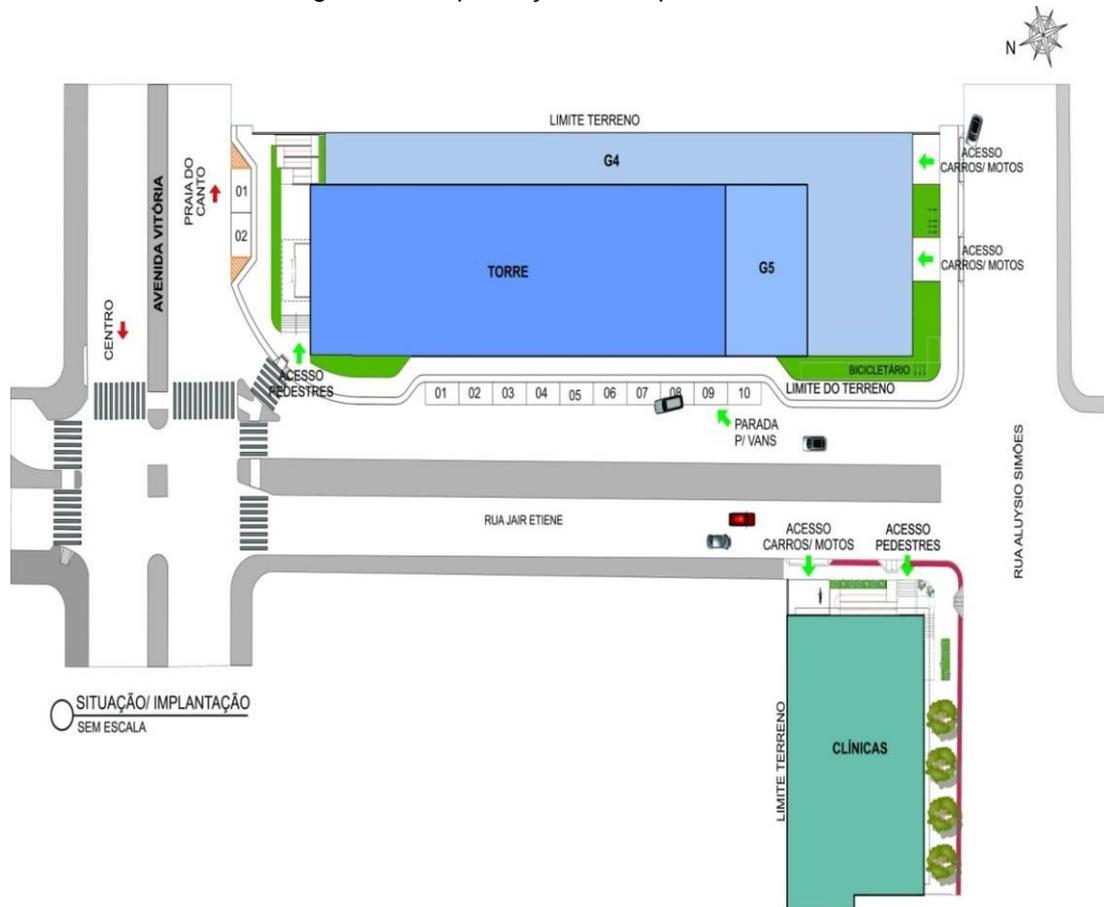
Ressalta-se, ainda, que o Empreendimento conta com um Estudo de Impacto de Vizinhança incluindo todos os complementos informativos referentes ao impacto nos sistema viário, metodologia de cálculos da capacidade viária, mapa de sinalização semaforica, características sócias e culturais da região e demandas geradas pelo empreendimento metodologia de cálculos da capacidade viária.

4.1.6 Característica do lote definido para o projeto

Em função da dificuldade em se encontrar terrenos, na região, favoráveis ao tipo de atividade pretendida e por uma questão de oportunidade de mercado, a área foi adquirida antes mesmo da definição da obra; sendo assim, não houve participação dos arquitetos na escolha do local. No projeto, o edifício foi implantado visando ao melhor aproveitamento do terreno, acesso de veículos e pessoas, de forma a proporcionar segurança e não conflitar com as vias públicas. No posicionamento das salas, laboratórios, sanitários e demais dependências, houve a preocupação com a incidência solar, compensando-a em alguns casos com brises. Devido a sua conformidade retangular e estreita, não houve opções que permitissem alternativas para a implantação do prédio, ficando no mesmo sentido longitudinal do terreno e com a fachada principal voltada para o norte.

A figura 43 representa a implantação da obra e a localização em relação ao entorno e suas esquinas, incluindo as medidas mitigadoras definidas no EIV para o transito e a faixa de pedestre.

Figura 44 - Implantação do Empreendimento.

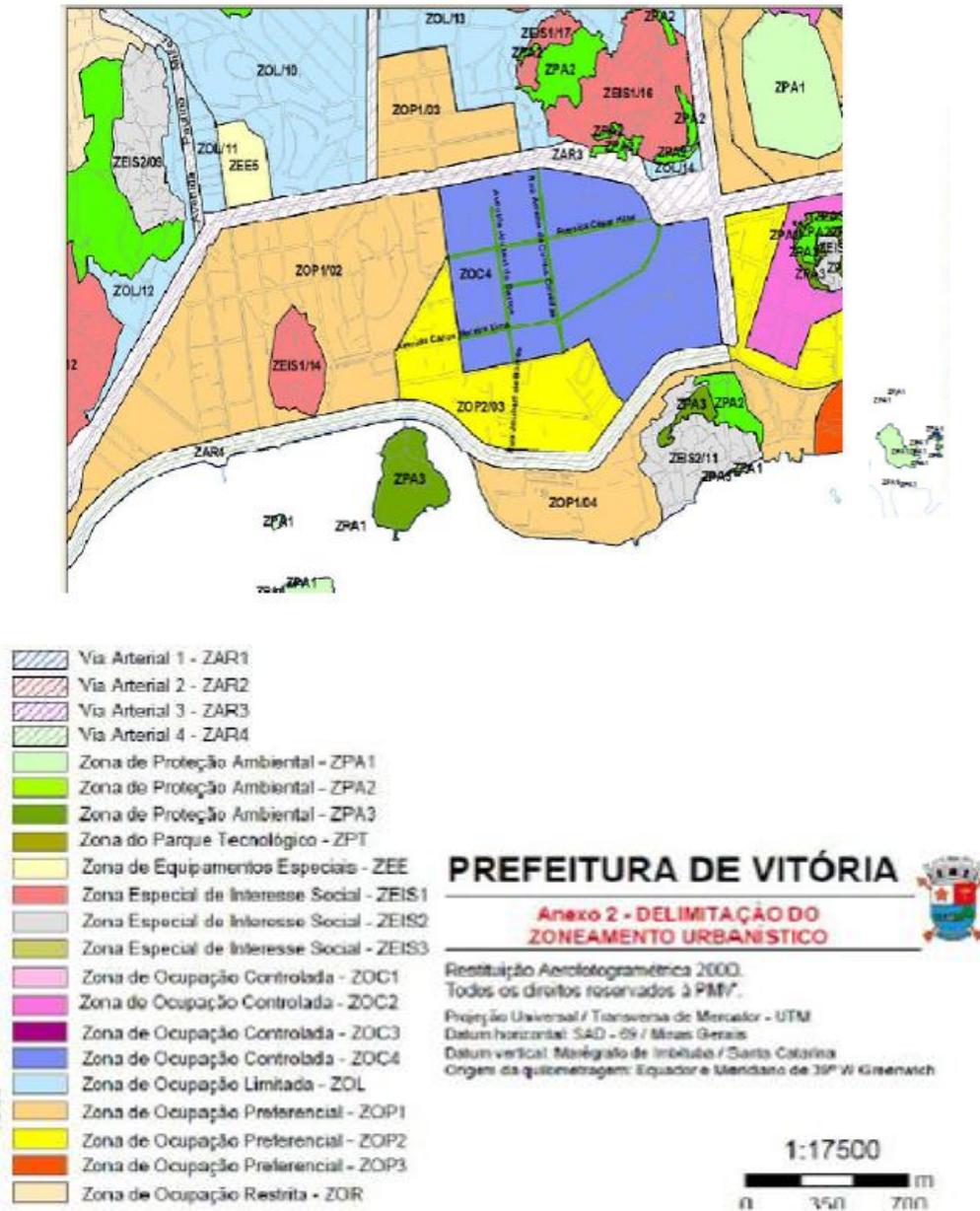


Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

O objeto desse estudo trata-se de uma edificação de ensino superior, prevista para ser construída na Avenida Vitória, esquina com a Rua Jair Etienne Dessaune, s/n, Área A, Bento Ferreira, Vitória – ES, inserido na Zona de Ocupação Controla 4 – ZOC4 , definida como área com uso misto, residencial e não residencial, conforme o Plano Diretor Urbano de Vitória – PDU vigente (Lei 6705/2006), conforme visualização na figura 45.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Figura 45 - Delimitação do Zoneamento Urbanístico do Plano Diretor Municipal de Vitória.



Fonte: PDU Vitória, 2006.

O local onde será construído o empreendimento é de terreno plano, onde não há afloramento rochoso e não está previsto corte nem desmonte de rocha. O lote encontra-se parcialmente murado, sendo necessária a remoção desse muro devido ao seu péssimo estado de conservação, comprometimento de sua integridade física e por necessidades técnicas para execução das fundações (figura 46).

Figura 46 - Muro localizado no fundo do terreno.



Fonte: Acervo pessoal.

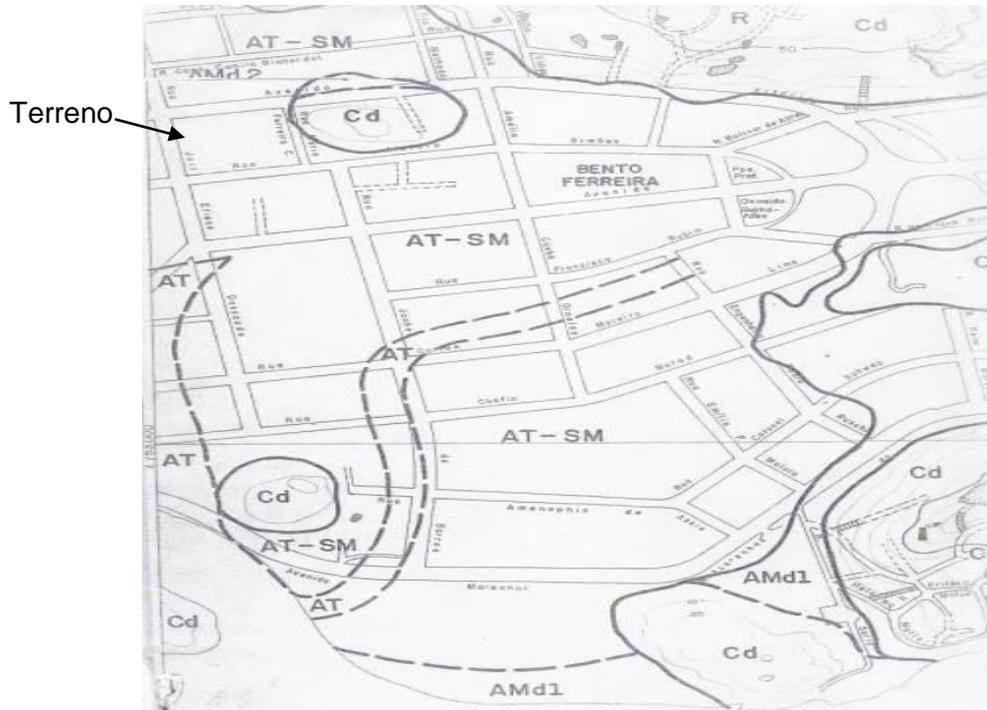
O solo é caracterizado por aterro indiscriminado sobre solos naturais e solos indiscriminados de mangue, como pode ser visualizado na figura 47.

Existe uma variabilidade quanto à natureza e à granulometria do solo. Foram detectados materiais argilosos a arenosos, depósitos vegetais e fragmentos de mariscos (figura 48).

Os dados levantados após sondagem do terreno mostram, um terreno de baixa resistência, optando-se pelas fundações com estacas metálicas chegando até 18 metros de profundidade, além de uma cortina de contenção executada em toda divisa do terreno com o vizinho.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Figura 47 - Mapa Pedológico. Cd: Associação Solos Cambissólicos Eutróficos e Distróficos; AT: Aterro in-discriminado sobre Solos Naturais; SM: Solos Indiscriminados de Mangue.



Fonte: Aquaconsult – Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda. para o Zoneamento Ambiental de Vitória (1991).

Figura 48 - Restos de piso existentes no terreno.



Fonte: Acervo pessoal.

Quanto à AID do empreendimento, é servida por rede de drenagem urbana, rede de abastecimento de água e a rede de esgotamento sanitário estão sendo instalada pela Companhia de Água e Saneamento do Espírito Santo (Cesan).

Essa área está contemplada com obras no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Vitória (PDDU, 2008), que tem como objetivo estabelecer ações a curto, médio e longo prazo para reabilitar o sistema de drenagem existente na cidade, ampliar a cobertura do serviço, bem como aumentar sua eficiência, por meio da implantação de novas unidades operacionais (obras) e ações não estruturais (como campanhas educativas, por exemplo), contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população.

A rede de abastecimento de água e o esgotamento sanitário, na AID, são gerenciados pela Cesan, que está implementando o Programa Águas Limpas e executando obras para implantação da rede de saneamento na Avenida Vitória. Todo volume de esgoto da AID será interligado à rede de saneamento da CESAN e levado para tratamento na Estação de Tratamento de Esgoto - ETE no Vale do Mulembá, no Bairro de Joana D'Arc, que está fora da AID. As redes da Cesan estão preparadas para atender os incrementos de volume devido ao novo empreendimento.

Assim, em relação aos serviços urbanos, tem-se que as avenidas que fazem o terreno do empreendimento, além de ser servidas por redes de abastecimento de água, esgotamento sanitário (Programa Águas Limpas), drenagem urbana, dispõem também de redes de energia elétrica, telefonia, sistema de coleta de resíduos sólidos, transporte coletivo municipal e arborização urbana, e o empreendimento como tal não causará impactos relevantes sobre eles.

As águas pluviais em escoamento livre superficial são coletadas por bocas de lobo e encaminhadas por rede de drenagem administrada pela municipalidade, para a macrodrenagem anteriormente citada.

Analisando a legislação federal, estadual e municipal, não se constata na AII (Área de Influência Indireta) e na AID (Área de Influência Direta), nenhuma das categorias previstas no Sistema Nacional de Unidade de Conservação – SNUC. No entanto, observam-se as seguintes áreas ambientalmente protegidas pela legislação ambiental municipal, ressaltando-se que nenhuma destas categorias será afetada pelo empreendimento:

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

- Reserva Ecológica do Morro Itapemambi, criada pelo Decreto Municipal Nº 8.906/1992 com área de 13,27 hectares (Figura 49);
- Área Verde Especial de Bento Ferreira, criada pelo Decreto Municipal Nº 10.024/1997 com área de 2,70 hectares;
- Área Verde Especial Morro Praia do Suá, criada pelo Decreto Municipal Nº 10.024/1997 com 1.72 hectares.

Figura 49 - Reserva Ecológica do Morro Itapemambi, localizada entre os bairros Santa Lúcia, Praia do Canto e Praia do Suá.



Fonte: PMV, 2011.

Verifica-se o impacto direto da instalação do empreendimento com o Plano Municipal de Arborização Urbana, identificando, a partir do projeto básico, quais as interferências sobre a arborização lindeira, mapeando os indivíduos que serão solicitados para prováveis podas ou supressões

A figura 4.27 mostra a arborização urbana existente nas calçadas das avenidas e ruas nos trechos que faziam o empreendimento. Foram identificados 06 (seis) indivíduos arbóreos situados na calçada da Rua Aluysio Simões, sendo 04 (quatro) oitis, 01 (um) flamboyant e 01 (um) benjamim, todos eles de espécies exóticas, portanto passíveis de supressão (figura 50). No caso de haver supressão de algum dos indivíduos arbóreos, o empreendedor deverá solicitar autorização para supressão junto à Semam.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Figura 50 - Indivíduos arbóreos localizados na calçada onde será construído o empreendimento na Rua Aloysio Simões, identificados na figura por uma seta.



Fonte: Plano de Arborização de Vitória. Obtido em www.vitoria.es.gov.br/, acessado em 2011.

Com relação à valorização imobiliária, está sempre presente a questão das atividades econômicas locais que, por várias vezes, foi citado pela população que o empreendimento aumentará o movimento no comércio, assim como a sua visibilidade. A valorização dos imóveis também aparece como um resultado positivo causado pela implantação de nova instituição de ensino superior.

Conclui-se, portanto, que, em relação aos aspectos abordados neste estudo, é perfeitamente viável a inserção da Instituição de Ensino Superior na sua concepção proposta, uma vez que não haverá impactos urbanos negativos gerados na sua implantação. O impacto de sua implantação não é significativo quando comparados à atual situação de seu entorno, não havendo a necessidade de proposição e implantação de medidas mitigadoras e/ou compensatórias.

Figura 51 - Vistas das árvores existentes na Rua Aloysio Simões, frente do lote (a) e (b) e a ausência de arborização nas testadas da Avenida Jair Etienne Dessaune (c) e Avenida Vitória (d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: Acervo Pessoal.

No que se refere à captação de águas da chuva (crédito 6.1, 6.2), através das calhas do sistema de cobertura do prédio, será realizada por meio de um sistema que acumulará essa água num reservatório específico destinado para esse fim e instalado num pavimento intermediário, sendo a água por gravidade utilizada para manutenção dos jardins, lavagem das garagens e calçadas.

Para reduzir o efeito conhecido como ilha de calor (créditos 7.1, 7.2), que visa a minimizar os impactos sobre humanos e animais, a cobertura do prédio será feita com telhas metálicas na cor branca. Estudos demonstram que a presença de telhados claros reduz os custos de ar condicionado em 20% ou mais nos dias

ensolarados. O consumo de energia mais baixo que isso propicia significa redução nas emissões de dióxido de carbono que contribuem para o aquecimento global.

Esse telhado branco pode custar apenas 15% a mais do que as versões escuras, a depender dos materiais utilizados, e, ao mesmo tempo, permitir uma redução nas contas de eletricidade. Se todos os telhados do mundo fossem claros, isso poderia representar uma redução do equivalente a 24 bilhões de toneladas em emissões de dióxidos de carbono, nos próximos 20 anos. Isso equivale às emissões de todo o mundo no ano passado. (Rosenfeld, 2009). A figura 52 mostra uma vista aérea da cobertura do edifício.

Figura 52 - Vista aérea.



Fonte: Acervo da NB Projetos Ltda.

Em atendimento à necessidade de se reduzir a poluição luminosa (crédito 8), minimizando o ofuscamento do brilho causado pelas luzes, não serão instalados

refletores externos ao prédio, ficando suas áreas externas iluminadas por balizadores próximos ao piso. Todo sistema de iluminação externa deverá ser automatizada, funcionando em horários programados, protegendo, assim, a fauna local. A Figura 53 mostra a imagem digital do prédio a noite.

Figura 53 - Perspectiva digital noturna.



Fonte: Acervo da NB Projetos Ltda.

4.2 CATEGORIA – EFICIÊNCIA DA ÁGUA (WE)

Essa categoria tem a intenção de limitar ou eliminar o uso de água potável ou de superfície natural ou outros recursos de água subterrânea ou disponíveis perto do local do projeto para irrigação da paisagem. Buscou-se, no entanto, uma inovadora tecnologia para atendimento à demanda do prédio.

Os créditos inerentes à eficiência energética que se aplicam ao trabalho estão descritos no quadro 16.

Quadro 21 - categorias e créditos do LEED Schools NC – v3 quanto a eficiência do uso da água.

EFICIÊNCIA NO USO DE ÁGUA (WE)	
Pré-requisito 1	Redução no uso de água
Crédito 1.1	Eficiência no uso de água para paisagismo, redução de 50%
Crédito 1.1	Eficiência no uso de água para paisagismo, sem irrigação ou sem uso potável de água
Crédito 2	Inovação de tecnologias para águas residuárias (cinzas e negras)
Crédito 3	Redução no uso de água: 30% a 50%

Fonte: Adaptado de GBC Brasil, 2009.

Dentro do conceito de construção sustentável, com uso racional e consciente de recursos naturais finitos, todos os esforços para salvar e reutilizar matérias-primas é considerado um passo importante a ser adotada em edifícios, a partir de projeto, construção, implantação e de operação e manutenção durante todo o seu ciclo de vida.

Em relação ao critério que trata do consumo de água, este trabalho tem como objetivo destacar a aplicação de um sistema que reutiliza a água de condensação drenada dos evaporadores de ar-condicionado, hoje sendo totalmente descartada e sem nenhum aproveitamento e mostrar um sistema, criado pelo autor, para usar essa água em descargas sanitária, reduzindo significativamente o consumo de água tratada comprada da concessionária.

Verificou-se que cada equipamento de ar condicionado especificado no projeto modelo produz 4,8 litros de água por hora de operação. Tomando suas 10 horas diárias de operação em consideração, o volume acumulado de água chega a 48 litros de água por dia, que, multiplicado pelo número de aparelhos considerados no projeto do edifício (137 unidades), resulta em um volume diário acumulado de 4.290 litros, o que representa uma parte significativa do montante necessário para suprir todas as instalações sanitárias do edifício.

Um sistema de captação de água localizado estrategicamente em um andar intermédio seria capaz de armazenar esta água e bombear para um reservatório especial na cobertura do edifício, para depois ser distribuído nos sistema hidráulico

de descarga. Para que o sistema seja auto-suficiente, as bombas de água devem ser alimentadas por geradores de energia solar instalados na cobertura do edifício.

Ao aplicar essa tecnologia, buscamos reduzir consideravelmente o consumo de água tratada previsto e, conseqüentemente, diminuir os custos na conta de água. Como as taxas de esgoto são calculadas com base no consumo de água, essa taxa também será reduzida. A análise da água de condensação irá revelar as suas propriedades positivas para a utilização proposta neste estudo, bem como os cálculos do sistema mecânico, hidro-sanitária e geradores de energia solar

O objetivo deste tema é demonstrar a viabilidade técnica no aproveitamento de água residual de condensação do sistema de ar condicionado de um prédio para utilizá-la nas descargas sanitárias. Como estudo de caso, os autores basearam-se em uma edificação em construção que terá como atividade única o funcionamento de uma instituição de ensino superior. Esse tipo de atividade é tratado na cidade de Vitória, ES – Brasil, onde está sendo construída, como de uso comercial, pois não existem normas diferenciadas para instituições de ensino superiores, ficando apenas as creches e escolas primárias vinculadas às normas específicas na área de educação.

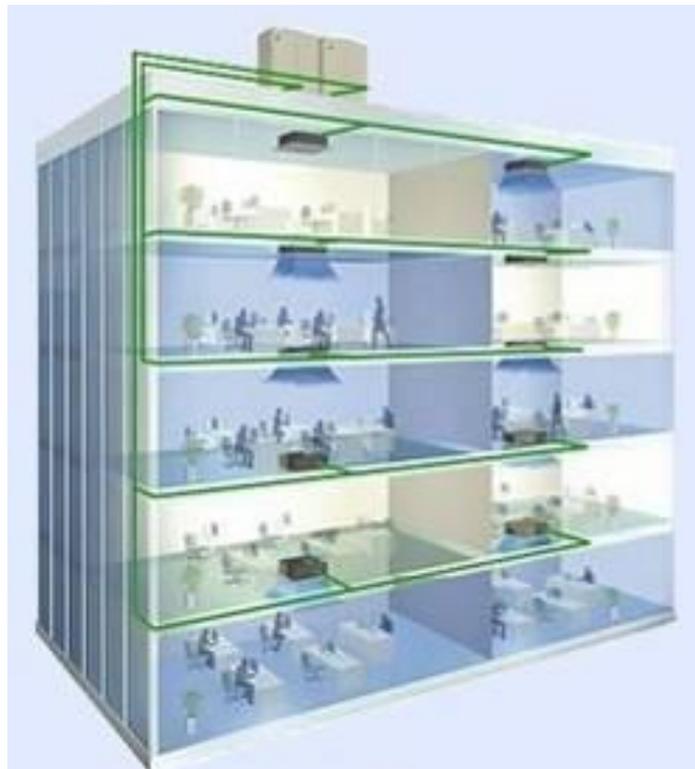
A idéia de aplicar essa inovação tecnológica partiu do momento da compatibilização dos projetos complementares com o arquitetônico e ao se verificar o volume de água produzido pelos evaporadores, a drenagem necessária para cada aparelho e a falta de aproveitamento dessa água em quaisquer outras partes da edificação. Pesquisas de modelos existentes com a mesma finalidade proposta pouco foram encontradas na revisão bibliográfica, abrindo aqui uma oportunidade que justifica o estudo num momento em que vivemos sérios problemas de abastecimento, consumo crescente, e grandes desperdícios de água potável.

Diante do problema, o autor espera contribuir com uma proposta que poderá servir de referência e motivação para futuros trabalhos baseadas nos resultados previstos. Essa iniciativa servirá como um importante princípio para construções que visam a uma redução dos impactos ambientais e maiores desempenhos. O procedimento poderá ser aprimorado e num futuro próximo, receber incentivos para aplicações voluntárias e normatizadas.

Todos os projetos sofreram interferências e adaptações para a implantação do sistema proposto nesse estudo. Foram verificadas, a partir do projeto arquitetônico, as necessidades relativas às alterações pretendidas, uma vez que o projeto inicial não ter sido concebido com esses princípios.

Optou-se pelo sistema de ar condicionado tipo VRF (Volume de Refrigerante Variável), conhecido como *multi-split*, que tem como diferencial de tecnologia a simplicidade do seu funcionamento permitindo combinar múltiplos pontos de refrigeração com apenas um ciclo de refrigeração.

Figura 54 - Ilustração do sistema VRF instalado



Fonte: ARTCOOL, 2012.

Os evaporadores responsáveis pela produção de água de condensação estarão instalados no forro rebaixado de cada ambiente e dimensionados para atender ao conforto térmico, conforme especificações do fabricante, alcançando um melhor desempenho dos equipamentos e melhoria na qualidade interna do ar. Uma nova planta de rebaixamento de teto foi elaborada para receber os evaporadores em sua modulação de forma a não interferir nas luminárias e outras instalações.

Ficou destinado um local em um dos pavimentos de garagem para as instalações do sistema proposto sem prejudicar o estacionamento de veículos. O reservatório superior localizado na cobertura do prédio, antes bipartido, foi modificado passando a ter 3 partes sendo uma exclusiva para armazenamento da água drenada da condensação, que não poderá ser armazenada junto com a água tratada. Esse reservatório será interligado à saída dos outros reservatórios para que o abastecimento dos sanitários não seja prejudicado, caso haja uma demanda maior que a capacidade prevista. Não está considerada neste trabalho a análise laboratorial da água captada dos evaporadores, uma vez que a mesma ficará separada da água tratada e usada exclusivamente para descargas sanitárias, não havendo nenhum tipo de consumo para outros fins.

No projeto hidro-sanitário ficou definido o percurso e o dimensionamento da tubulação de drenagem dos evaporadores, desde a saída do aparelho até o reservatório para armazenamento da água captada, passando pela interligação com os equipamentos que a bombeará até o reservatório superior e ao atendimento às descargas sanitárias em todos os banheiros dos pavimentos acima das garagens.

A cidade de Vitória fica localizada em uma ilha e oferece condições climáticas favoráveis com clima tropical chuvoso, sem estação fria, estação de seca no inverno e temperatura média de 23.5°C. Essas características favorecem o uso de energia solar, limpa, renovável e sustentável e essa foi a opção escolhida para alimentar as bombas de recalque que abastecerão o reservatório superior e deixarão o sistema auto-suficiente e independente. Geradores de energia solar fotovoltaica poderão garantir a energia necessária para funcionamento do conjunto provenientes do módulo solar, mesmo em dias nublados e sem uso de baterias. Para garantir o fornecimento de energia, caso aconteça algum problema no sistema solar, o mesmo estará ligado à energia da concessionária.

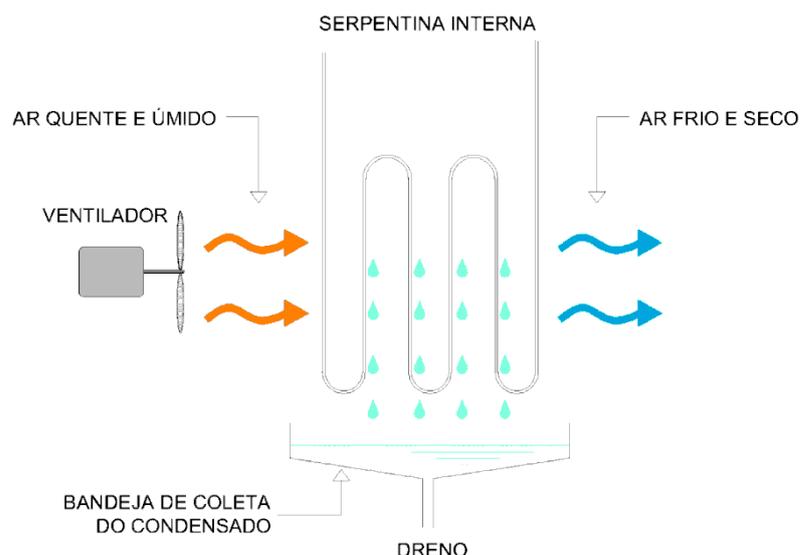
O foco deste trabalho é mostrar a viabilidade do aproveitamento das águas residuais de condensação dos evaporadores dos aparelhos de ar condicionados. No entanto, é importante citar que está previsto em o aproveitamento das águas de chuvas e reutilizadas nos pavimentos abaixo para lavagem das garagens e rega dos jardins, visto que a cidade tem precipitação média anual de 1.292,2 mm. A água que

extravasarem tanto do sistema de ar condicionado quanto de chuva será utilizada em serviços gerais de limpeza.

Parte do ar respirado é composto por vapor de água diluído. Para que o vapor volte ao estado líquido, a temperatura da superfície tem que estar abaixo da temperatura de ponto de orvalho, que é temperatura ao qual o vapor de água presente no ar ambiente passa ao estado líquido na forma de pequenas gotas (condensação).

Para efeito prático nas condições da cidade de Vitória-ES, essa temperatura fica abaixo de 17°C, mesmo em ambientes com condicionamento de ar para fins de conforto. No sistema de ar condicionado existem dois elementos principais: uma unidade interna e outra externa. A temperatura da serpentina por onde passa o ar na unidade interna fica abaixo de 12°C, fazendo com que parte do vapor contido no ar volte ao estado líquido. Considerando que, para transformar ar úmido em 1kg de água, o Calor Latente de vaporização é de 538 Kcal/Kg, alterando, assim, o seu estado físico de vapor para líquido. Apenas 30% do ar que circula na serpentina entram em contato com a superfície da mesma. Normalmente a capacidade das máquinas de ar condicionado é de 30% a 70% de remoção de Calor Sensível e de 30% a 70% de remoção de Calor Latente (Figura 55).

Figura 55 - Diagrama do Sistema de Condensação de Água na Serpentina.



Fonte: Acervo da NB Projetos Ltda, 2011.

A tabela 12 mostra o volume de água produzido por pavimento através da drenagem dos 137 evaporadores distribuídos no prédio com diferentes capacidades de refrigeração em BTU's, produzindo um volume total de 4.298,1 litros por dia de funcionamento. Essa água será captada e armazenada num reservatório destinado a esse propósito, bombeada para o reservatório superior para, em seguida, ser utilizada nas descargas sanitárias.

A geração total de água produzida pelos evaporadores será de 4.298,1 litros, conforme demonstrado na tabela 4.5. Para o projeto hidro-sanitário convencional foi considerado a instalação de uma Bomba de Recalque de 5 CV com vazão de 16,60m³/h a uma altura manométrica de 50mca. A capacidade do reservatório superior será de 8,86m² x 0,63m = 5,53m³. A bomba de recalque deverá ser acionada quando o Nível da Água (N.A) baixar 0,63m, isso caso o sistema de energia solar não estiver operando no momento por motivos de manutenção ou problema de funcionamento. Se a bomba hidráulica do sistema convencional lança 16,60m³/h, a mesma lançará 4.298,1 litros em 15 minutos.

Considerando uma população de 820 pessoas sendo 720 alunos, 60 professores e 40 funcionários e estimando 100% de consumo diário por pessoa, o gasto em litros para descarga nos sanitários será de 9 litros. Calcula-se o consumo diário para utilização de 75% da população. Se o consumo diário em 100% de utilização representam 820 x 9 = 7.380 litros, o consumo diário estimado com 75% de pessoas será de 5.530 litros. O reservatório de água proveniente dos aparelhos de ar condicionado terá capacidade de 7.500 litros.

Quanto à conclusão dos resultados, conforme Quadro 13, demonstra que o sistema alcança um considerável fator de economia de água superando os índices previstos em metodologias existentes para uma obra mais sustentável.

Como alternativa paralela ao sistema convencional e mantendo o conceito de utilização de energia limpa e renovável, a instalação de bombeamento solar consiste em transformar energia elétrica contínua gerada por módulos solares em corrente alternada com a maior eficiência possível. O sistema funciona de forma independente das flutuações dos níveis de irradiação solar, ou seja, sempre haverá bombeamento de água a qualquer hora do dia ou condições do tempo, desde que os

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

módulos forneçam corrente mínima de 0,1 ampér. Um equipamento funcionará com um comando que será o responsável por converter a energia fornecida pelos módulos solares em impulsos de energia constantes e espaçada em função do nível de irradiação solar. O sistema elimina o uso de baterias, o que reduz a necessidade de manutenção.

Tabela 12 - Equipamentos utilizados suas respectivas capacidades e capacidade de retirada de água do ar.

PAVIMENTO	CAPACIDADE TOTAL (BTU/h)	CAPACIDADE DE RETIRADA DE CALOR LATENTE (BTU/h)	FUNCIONAMENTO (HORAS/DIA)	ÁGUA CONDENSADA (L/H)	ÁGUA CONDENSADA (L/DIA)
PAV 05	646900	419045	12	58,9	706,8
PAV 06	673600	437840	9	61,5	553,5
PAV 07	735600	478140	9	67,2	604,8
PAV 08	735600	478140	9	67,2	604,8
PAV 09	516100	335465	12	47,1	565,2
PAV 09 (AUDITÓRIO)	229200	148980	6	20,9	125,4
PAV 10	735600	478140	9	67,2	604,8
PAV 11	648400	421460	9	59,2	532,8
				TOTAL/DIA	4298,1

Fonte: Acervo pessoal.

Quadro 22- Resultados finais para o fator econômico do sistema.

Valores finais de economia proporcionados pelo sistema			
População Diária (pessoas)	Consumo Diário para demanda sanitária (litros)	Volume de água drenada e armazenada (litros)	Economia prevista com consumo de água (%)
820	5.530	4.298,1	77,72

Fonte: Acervo pessoal

Baseado em dados do projeto, a altura manométrica da tubulação é de 42 metros, sendo uma vazão diária de 4.298,1 litros e será necessária a instalação de 3 bombas tipo shurflo 9300 submersa no tanque de acumulação de água de condensação, com 6 módulos solares de 115 Wp, sendo 2 para cada bomba, instalados na cobertura do edifício, conforme especificação do fabricante.

Para uma vazão prevista de bombeamento de 375l/h e com 3 bombas de funcionamento contínuo e simultâneo, a vazão total será de 1.125l/h. Sendo o

volume captado a ser bombeado de 4.298,1 litros, o tempo total para levar essa água ao reservatório superior será de aproximadamente 4h e 22m, o que, comparados ao sistema convencional, que são de 15 minutos, há uma desvantagem relativa nesse sentido, mas, em compensação, não haverá uso de energia da concessionária e o sistema fechará seu ciclo de atendimento auto-suficiente.

O presente estudo demonstra que é viável a utilização de água drenada pelo sistema de ar condicionado, principalmente em edificações comerciais com vários equipamentos instalados. Toda essa água atualmente é descartada e nem por gravidade esta sendo aproveitada para lavagem e manutenção das calçadas e jardins. A demanda de água calculada para uso nas descargas sanitárias está bem próxima do volume de água captado pelo sistema de drenagem dos evaporadores, representando 77,72 % do consumo calculado. Isto representa um resultado econômico significativo na operação do edifício e um grande avanço nas questões ambientais referentes ao aproveitamento de água potável.

Comparado ao aproveitamento de águas pluviais o sistema apresenta vantagens na questão de reuso de água, pois o prédio estará em operação e produzindo água de condensação todos os dias do ano em horário comercial, enquanto que a água da chuva é periódica, sem funcionamento constante, causando danos nas tubulações e bombas devido ao ressecamento proveniente da falta de uso.

Dessa forma, podemos concluir que, se existe vazão suficiente para aproveitamento de uma água, que está sendo gerada indiretamente através do funcionamento diário do edifício, e se existe demanda para consumo dessa água, é inegável a importância e o incentivo a esse aproveitamento num momento em que toda colaboração para a redução dos impactos ambientais causados pelas construções passou a ter grande importância no cenário mundial, cabendo a todos profissionais e empreendedores ligados à construção civil a iniciativa com práticas, exemplos e, principalmente, no desenvolvimento e aprimoramento de novas técnicas.

Como citado anteriormente, o sistema proposto tende a suprir a demanda para abastecimento das descargas sanitárias de todos os pavimentos da edificação, mas, paralelamente, está contemplado no projeto o sistema de abastecimento convencional com água fornecida pela concessionária, garantindo o fornecimento

para atender à demanda das descargas sanitárias, principalmente nos dias em que não haja a necessidade de ligar os aparelhos de ar condicionados.

O sistema convencional conta com conceitos sustentáveis que vão além das especificações dos materiais consideráveis aceitáveis por serem de baixo impacto ambiental para o projeto e a escolha de produtos com tecnologia eco-inteligentes, como vasos sanitários de duplo fluxo e torneiras de acionamento econômico com fechamento automático ou com sensores que evitam o desperdício de água tratada e comprada.

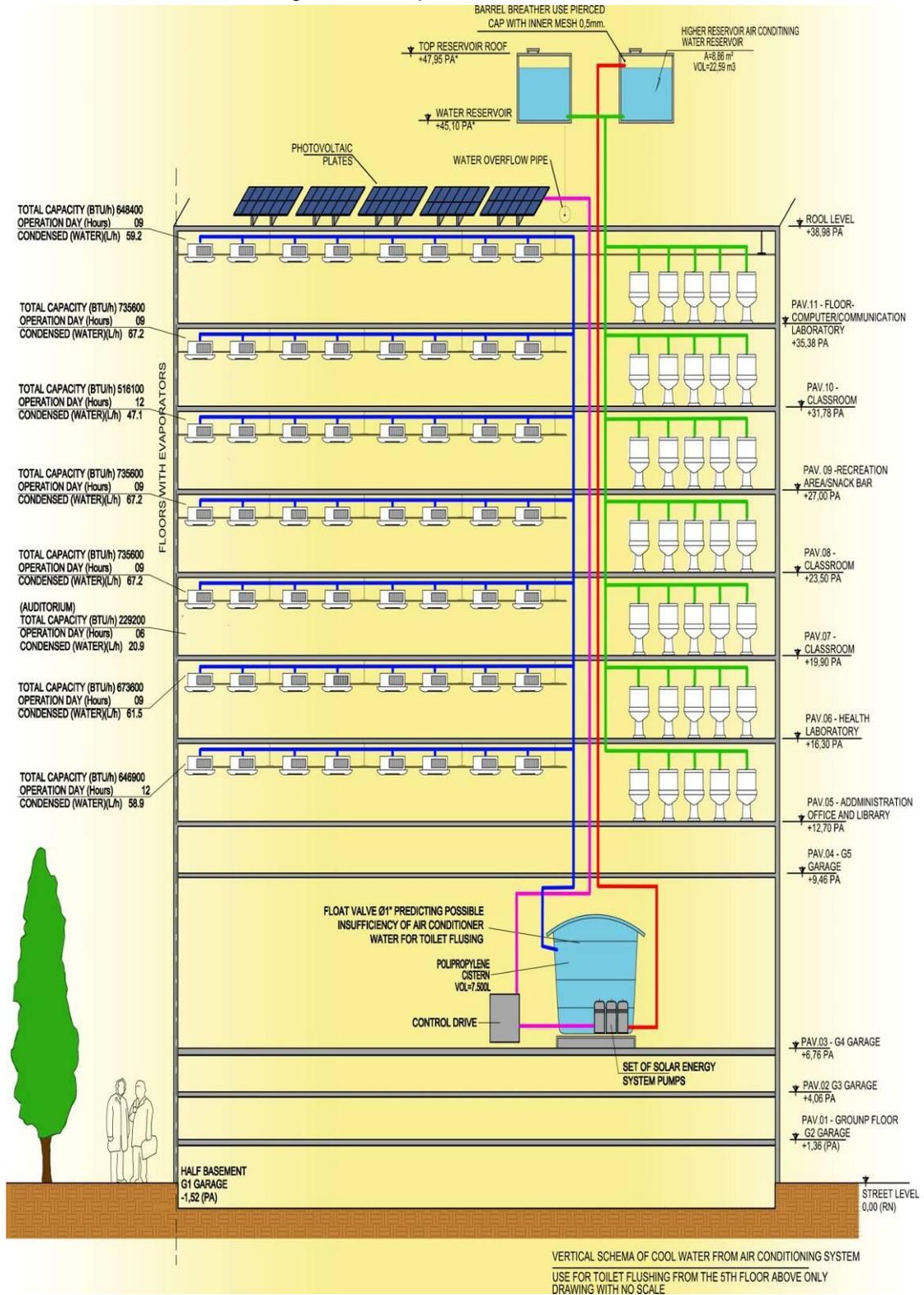
Foram especificados em substituição ao PVC, tubulações em polipropileno PP para as instalações hidráulicas e sanitárias, evitando-se a contaminação por produtos potencialmente cancerígenos lixiviados pelo escoamento pelas tubulações em PVC, incluindo as conexões e reservatório d'água.

Em relação ao crédito 2 – inovação de tecnologia para águas residuárias (cinzas e negras), para o projeto em estudo, não houve essa aplicação devido a concessionária ter concluído a obra que capta e trata todo esgoto na central da empresa, sendo assim, foi considerado pelo autor o uso desse serviço ao invés de implantar uma central de tratamento na obra.

A figura 56 representa todo o ciclo do funcionamento do sistema proposto neste estudo, desde localização dos equipamentos até o seu funcionamento no edifício.

AÇÕES PROJETAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Figura 56 - Esquema Geral do Sistema



Fonte: Acervo da NB Projetos Ltda, 2011.

4.3 CATEGORIA – ENERGIA E ATMOSFERA (EA).

Esse trabalho trata de um estudo referente a um projeto que não foi executado, nem realizadas simulações computacionais. Sendo assim, não há como relatar o comissionamento dos resultados projetuais, item imprescindível para essa categoria. Esse sistema beneficia a redução do uso de energia e possui custos operacionais mais baixos, ganho de produtividade dos ocupantes e controle do sistema.

Créditos que se aplicam ao trabalho:

Quadro 23 - categorias e créditos do LEED Schools NC - v3 para Energia e Atmosfera

ENERGIA E ATMOSFERA (EA)	
Pré-requisito 1	Sistema de comissionamento de energia
Pré-requisito 2	Desperdício mínimo de energia
Pré-requisito 3	Gerenciamento de gases refrigerantes
Crédito 1	Otimização da eficiência energética
Crédito 2	Energia renovada no próprio sítio
Crédito 3	Comissionamento melhorado
Crédito 4	Melhoria do gerenciamento de gases refrigerantes
Crédito 5	Medição e verificação
Crédito 6	Energia verde
Crédito 4	Melhoria do gerenciamento de gases refrigerantes
Crédito 5	Medição e verificação

Fonte: Adaptado de GCB Brasil, 2009.

Dos créditos citados no quadro 18, apenas o Pré-requisito 1 e os créditos 2 e 5 não foram aplicados ao projeto sobre o qual trata esta pesquisa.

Essa categoria tem como intenção alcançar níveis crescentes de desempenho energético, visando a reduzir a poluição e impactos econômicos associados ao uso de energia. Reduzir a destruição do ozônio estratosférico e apoiar o cumprimento antecipado com o Protocolo de Montreal, minimizando diretamente as contribuições para a mudança climática.

Diante do problema da destruição da Camada de Ozônio, várias nações se mobilizaram. Em 1985, a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio foi assinada por dezenas de países, entre eles o Brasil, um dos primeiros a agir em prol da camada de ozônio. Dois anos depois, foi estabelecido o Protocolo de Montreal sobre as Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, ligado à Organização das Nações Unidas (ONU) (MMA, 2011).

Para a contribuição relacionada a essa categoria, serão citadas as definições desenvolvidas nos projetos que interferem nas questões relacionadas à energia e atmosfera, com foco em automação e controle e economia de energia e contribuição para a redução da destruição da camada de ozônio. Em correspondência aos créditos dessa categoria, buscou-se exemplificar os pontos de maior demanda por consumo e as soluções adotadas para os mesmos, sendo Iluminação e alimentação de equipamentos e sistema de automação, sistema de ar condicionado e elevadores.

4.3.1 Projeto de instalações elétricas.

O conceito utilizado para o projeto de instalações elétricas, controle e automação visou à economia e ao desempenho. Para isso, a automação do sistema foi imprescindível, mas, no entanto, o bom resultado dependerá de um conjunto de medidas compatíveis a todos os demais projetos, principalmente o de arquitetura, que deverá valorizar a iluminação e a ventilação natural.

Serão instalados sensores de presença e de luminosidade para acionamento das luminárias com a seqüência partindo de dentro para fora, deixando a fileira mais próxima às janelas para acender por último. Essas são medidas simples adotadas em projeto e que trazem significativo ganho de economia com o aproveitamento da luz natural.

O programa de automação previsto em projeto fará com que, em horário de pico (18:00 às 21:00), a demanda por energia faça entrar em operação o gerador a óleo biodiesel de 906KVA previsto em projeto. Nessa situação, haverá uma considerável

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

redução de valores na conta de energia previstos na ordem de 44,24%, pois a tarifa de consumo passará de R\$ 2,00 para R\$ 0,75 por KW.

Em projeto, optou-se pela Tarifa HoroSazonal (THS) Verde com o uso de gerador no horário de ponta, contribuindo com isso em menor consumo de energia e com possíveis apagões que ocorrem com a sobrecarga no sistema.

O quadro 19 representa o módulo de simulação tarifária para o fornecimento convencional e no quadro 20 o modulo de tarifação relativa ao sistema projetado, com base nos dados da concessionária do estado Escelsa e o resultado alcançado em relação a economia do valor da conta final.

Quadro 24 - Tarifa Convencional – Média Tensão.

CONVENCIONAL – MÉDIA TENSÃO				
	PONTA		FORA DE PONTA	
	CUSTO UNIT.	CUSTO FINAL	CUSTO UNIT.	CUSTO FINAL
DEMANDA	67,76	33 880,00	67,76	33 880,00
CONSUMO MÉDIO	0,223019	6 690,57	0,223019	20 071,71
TOTAL		40 570,57		53 951,71
TOTAL CONTA				94 522,28

Fonte: Powertech Engenharia Ltda.

Quadro 25 – Tarifa HoroSazonal THS VERDE – com gerador

THS VERDE – MÉDIA TENSÃO				
	PONTA		FORA DE PONTA	
	CUSTO UNIT.	CUSTO FINAL	CUSTO UNIT.	CUSTO FINAL
DEMANDA	0	-	20,8090	10 404,50
CONSUMO MÉDIO	0,75	22 500,00	0,219975	19 797,75
TOTAL		22 500,00		30 202,25
TOTAL CONTA				52 702,25

Fonte: Powertech Engenharia Ltda.

Os resultados confirmam a diferença entre tarifas e a redução de 44,24%.

Em substituição as lâmpadas fluorescentes convencionais, estão previstas luminárias com lâmpadas de *LED (Light Energy Diodo)* com design ultrafino e fonte altamente eficiente de luz integrado com tecnologia de gerenciamento de energia, baixo custo de manutenção e durabilidade prevista de 50.000 horas.

Serão instalados sensores de presença em todas as áreas comuns e acendimento programado nas salas que partem de dentro para fora deixando a fiada mais próximo as janelas por último aproveitando assim ao máximo a iluminação natural.

O uso de luminárias com lâmpadas de LED contribuem para a redução de CO₂ e conseqüentemente redução do efeito estufa semelhante ao plantio de arvores. Dados citados em catálogos de produtos que essas luminárias com lâmpadas de LED, conforme a especificada em projeto, correspondem à redução desse efeito estufa ao o que 17 árvores plantadas contribuiriam.

4.3.2 Projeto de instalações do sistema de ar condicionado

Foi verificado que mais de 90% dos casos de mau funcionamento dos sistemas de refrigeração referem-se a problemas de instalações. A não utilização de acessórios essenciais e regulagens inapropriadas levam ao desbalanceamento dos sistemas de refrigeração.

O sistema de Ar Condicionado terá por finalidade proporcionar condições de conforto mantendo a temperatura interna em 24°C ± 2°C (controlado por termostato) e umidade em 50% (sem controle).

O equipamento tipo *Split* (dividido) é constituído da separação do sistema de ar condicionado em duas unidades distintas que trabalham em conjunto, sendo uma unidade externa (condensador) e outra interna (evaporador).

Este equipamento é ideal para pequenas instalações, sendo desaconselhado a utilização em grandes empreendimentos devido a área externa que ocupam ser relativamente grande, além de apresentarem limitações nos desníveis comprimentos das linhas de gás refrigerante e sua especificação (R-22 maioria dos equipamentos) que é o responsável pela transferência de calor entre o ambiente interno e externo.

Este gás interage com os gases da camada de ozônio, produzindo a destruição da mesma não sendo recomendado para obras de conceitos sustentáveis e de baixo impacto ambiental.

Ficou definido para o projeto, o sistema de climatização composto por equipamento tipo “VRV” (volume de refrigerante variável) ou *VRF (variable refrigerant flow)*, com unidade externa instalada na cobertura e unidades internas tipo cassete instaladas nos ambientes por elas atendidas. É um sistema de equipamento de climatização desenvolvido especialmente para grandes residências e edifícios comerciais de médio e grande porte.

Funciona como um sistema *multi-split* com apenas uma unidade externa ligada a varias unidades internas operando individualmente por ambiente Utiliza o gás refrigerante R-410 a ou R-407 entre outros, é o responsável pela transferência de calor entre o ambiente interno e externo Estes gases apresentam baixo nível de agressão ao ambiente, não afetando a camada de ozônio.

O grande diferencial nesse sistema *VRF* é a combinação de tecnologia de automação aliado à combinação de múltiplas unidades internas em um só circuito de refrigeração que e atendido por compressores de alta eficiência acionados por inversores de freqüência, que controlam a rotação do equipamento, fazendo com que o sistema só utilize a energia real que esta sendo demandada pela carga térmica da edificação produzindo um baixo nível de ruído e baixo consumo elétrico.

O sistema de renovação de ar dos pavimentos será feito por unidades evaporadoras de embutir com 100% de captação de ar externo, o ar será resfriado e distribuído nos ambientes por rede de dutos e grelhas.

Descrição dos equipamentos – VRV (volume de refrigerante variável) ou VRF (*variable refrigerant flow*).

Condicionadores de ar

A construção dos equipamentos e sua instalação deverão obedecer às normas da ABNT e às da ASHRAE. Serão de expansão direta, tipo multi-evaporadores, operando em regime de fluxo de refrigerante (VRV) e em ciclo de resfriamento, ou ciclo reverso (resfriamento e aquecimento caso o equipamento possuir apenas esta opção).

Cada unidade externa (unidade condensadora resfriada a ar) alimentará múltiplas unidades internas, com modulação individual de capacidade pela variação da vazão de gás refrigerante.

Unidades evaporadoras

Unidade instalada internamente aos ambientes condicionados com desenho e acabamento variáveis conforme a necessidade decorativa e funcional (distribuição de ar).

Deverão apresentar as seguintes características técnicas:

- Controle de capacidade por válvula de expansão eletrônica LEV.
- Fechamento automático da válvula eletrônica no caso de falta de energia dos evaporadores durante seu funcionamento..
- Sensores de superaquecimento/subresfriamento (termistores).
- Sensor de temperatura ambiente (termistor no retorno).
- Ventilador de baixo nível de ruído.
- Placa de controle inteligente endereçável.
- Sistema automático de fechamento da passagem de refrigerante sob falta de energia parcial no circuito.
- Compatível para a utilização com gás (R410-A), gás não agressivo a camada de ozônio.

Renovação de ar

O sistema de renovação de ar será composto por unidades evaporadoras de alta pressão estática, captando 100% de ar externo e distribuindo nos ambientes por rede de dutos e grelhas com registro. (figura 21).

O sensor de temperatura devera ser instalado na descarga do evaporador, o termostato do evaporador devera estar ajustado para 24°C.

Em seguida, a tabela 13 apresenta a análise de resultado de consumo em KW/mês e em relação a economia de tarifa mensal para o sistema de ar condicionado comparando o sistema convencional com o proposto em projeto. O sistema VRV/VRF por ser mais eficiente atende a demanda com menos carga de refrigeração.

Quadro 26 - Esquema de Instalação do Sistema.



Fonte: catalogo de produtos da LG.

Tabela 13 - Análise dos resultados de consumo.

SISTEMA	Capacidade Instalada TR	Funcionamento Mensal/ dias	Consumo Mensal/KW	Custo Mensal em R\$
<i>Split</i> sem gerador	340	22	93.552,36	48.075,38
<i>Split</i> com gerador	340	22	93.552,36	29.521,24
<i>VRF</i> sem gerador	320	22	51.679,98	26.979,17
<i>VRF</i> com gerador	320	22	51.679,98	16.417,82

Fonte: NB Projetos Ltda (2011)

Pela análise dos dados acima concluímos que a escolha do sistema VRF com gerador nos horários de ponta, apresenta uma significativa economia na ordem de 65,8% na tarifa de energia elétrica e de 44,7% em consumo de energia, confirmando a escolha por este sistema no projeto como a de melhor desempenho e menor consumo.

4.3.3 Elevações verticais mecânicas

Para o atendimento ao tráfego pessoas dentro da edificação em atendimento as normas específicas, foram previsto oito elevadores, sendo quatro na entrada principal da edificação e outros quatro na parte posterior e mantidos o conceito de baixo consumo de energia com eficiência, conforto e estética.

Com conceito de produtos “Verdes”, os equipamentos consomem aproximadamente 60% a menos de energia, sendo necessário de 2,2 a 7,7 KW no mínimo, além de menor potencia requerida, logo menor consumo e conta menor ao final do mês.

Os elementos de tração são 20% mais leves que o cabo tradicional e com 2 a 3 vezes maior duração, ajudados pela melhor aderência da superfície, acarreta menos desgaste e conseqüentemente menos manutenção e maior vida útil dos equipamentos. As Cabinas contarão com suspensão e tração centrados (guias e polias), oferecendo além de maior duração do equipamento, maior conforto na viagem e menor desgaste. A figura 57 ilustra a aparência final dos elevadores na entrada principal do prédio.

Figura 57 - Foto ilustrativa dos elevadores na entrada principal..



Fonte: ATLAS SCHINDLER (2010)

O sistema definido para os elevadores não necessitará da construção de casa de máquina acima do pavimento de cobertura. Essa solução favorece a liberação da área de cobertura para uso de telhado ecológico e reduz o consumo de materiais e insumos pela não necessidade da construção da cada de maquinas.

A integração entre soluções para redução do consumo de energia, sem perda de desempenho e qualidade, poderá ser assegurada pelo conjunto de soluções adotadas em projetos que vão das definições do sistema de iluminação e alimentação de equipamentos, sistema de condicionadores de ar, elevadores com conceitos e tecnologias sustentáveis e pelo uso de materiais nas envoltórias, vedações internas, forros e brises fechando assim um conjunto de medidas que atendem a que se pode esperar para uma obra mais sustentável no quesito energia.

O que se mostrou nesse trabalho foi que houve redução de consumo além da redução do valor da tarifa de energia elétrica para o mesmo consumo.

4.4 CATEGORIA – MATERIAIS E RECURSOS (MR)

Essa categoria tem como intenção facilitar a redução dos resíduos gerados pela construção, que normalmente são transportados para depósitos em aterros, redirecionando-os para reciclagem e reutilização em locais apropriados. Outro objetivo é a reutilização materiais de construção e produtos para reduzir a demanda por matérias-primas finitas, diminuindo o desperdício e os impactos associados à extração e processamento de recursos virgens.

Todos os materiais potencialmente reaproveitados que não forem utilizados na edificação poderão ser doados a organizações de caridade, com a finalidade de servirem para outros tipos de reciclagem e comercialização, gerando atividade e receita financeira.

Sempre que possível, deverá haver especificação de materiais de construção e produtos extraídos e fabricados na região, apoiando, assim, o uso de recursos nativos e reduzindo os impactos ambientais resultantes do transporte

Os créditos que se aplicam ao trabalho são constantes do quadro 22.

Quadro 27 - Categorias e créditos do LEED Schools NC – v3 sobre o item Materiais e Recursos.

MATERIAIS E RECURSOS	
Pré-requisito 1	Armazenamento e seleção de resíduos
Crédito 1.1	Reutilização do edifício: Manter paredes, pisos e telhados existentes de 55% a 95%
Crédito 1.2	Reutilização do edifício: Manter elementos não estruturais do interior do edifício
Crédito 2	Gerenciamento de desperdício da construção: 50% - 70%
Crédito 3	Reuso de materiais: 5% - 10%
Crédito 4	Conteúdo de reciclados: 10% - 20% pós consumo +1/2 pré-consumo
Crédito 5	Materiais regionais: 10% - 20% extraídos, processados e manufaturados regionalmente
Crédito 6	Materiais rapidamente renováveis
Crédito 7	Madeira certificada

Fonte: Adaptado de GBC Brasil (2009)

4.4.1 Procedimentos a serem adotados durante a construção

A partir da definição de um programa de necessidades que contemplasse toda a demanda dos cursos previstos em seu funcionamento pleno, iniciou-se o desenvolvimento dos projetos atendendo às leis e normas vigentes municipais, estaduais e federais e com a aplicação de diversos conceitos ambientais para uma obra mais sustentável com menor impacto ambiental.

No desenvolvimento do trabalho, buscou-se dimensionar, especificar e inovar em todos os projetos dentro dos padrões recomendados pelo *LEED Schools NC - v3* com a finalidade de se obter os benefícios em eficiência energética e desempenho desde a inserção urbana, processo construtivo, especificação de materiais de origem e fabricação sustentáveis e inovações tecnológicas sempre quando possível.

Por se tratar de uma edificação de ensino superior, considerado com um projeto especial pelo município, gerando mais de 100 vagas de veículos, houve a necessidade legal de se desenvolver o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e o Plano de Controle Ambiental (PCA) para definição de medidas mitigadoras ou compensatórias, caso necessário.

Identificar os potenciais impactos das fontes de poluição hídrica, atmosférica, sonora, solo e os resíduos provenientes da construção civil que serão gerados tanto na fase de implantação quanto de operação do empreendimento, bem como as medidas mitigadoras e/ou compensatórias propostas para cada um dos possíveis impactos de acordo com as com a legislação vigente, as Normas Técnicas e as melhores práticas consagradas para o setor.

O Decreto Municipal Nº 11.068/2000, que regulamenta o licenciamento ambiental no município de Vitória, estabelece que o EIV seja instrumento necessário para a obtenção da Licença Prévia para atividade de ensino superior. Após essa etapa, o responsável pelo empreendimento deverá requerer as licenças ambientais subsequentes, de Instalação e Operação, junto a Secretaria municipal de Meio Ambiente - Semmam, observando as condicionantes estabelecidas no EIV bem como as normas pertinentes.

4.4.1.1 Fase de Implantação

Esta fase compreende todos os trabalhos para construção da edificação, desde a mobilização para instalação do canteiro de obras até o acabamento final. Nessa fase deverão ser adotadas medidas de segurança que visem a proteger os transeuntes e operários, para isso deverá ser feito o fechamento no alinhamento do canteiro de obras com tapume em chapa metálica a 2,00m (dois metros) de altura, conforme normas vigentes, e os empregados deverão ser munidos com os aparelhos de proteção individual - EPI's, a fim de evitar exposição aos riscos inerentes às atividades a serem executadas.

4.4.1.2 Previsão de Alteração do Solo e do Perfil do Terreno

O projeto da edificação prevê a construção de um meio subsolo (-1,56 m), o que implicará em movimentação de terra que se fará durante a escavação para a fundação. Parte do material escavado do solo será reaproveitado na própria obra e

parte a ser descartada será depositada em terreno com licença ambiental para recebimento desse material e próximo ao local da obra.

Para a movimentação de terra deverá ser solicitada a Licença Municipal de Instalação – LMI junto à Semmam, descrevendo o material e volume a ser removido.

Quanto à destinação do lixo, entulho e sobras não aproveitadas da fase de construção, todo esse material será devidamente acondicionado em “container” tipo caçamba, a ser disposto no canteiro de obra e, conforme a necessidade de esvaziamento, esse material será periodicamente recolhido por prestadora de serviços cadastrada a ser contratada e levado para áreas de destinação devidamente licenciadas.

No término das obras de implantação do empreendimento, o canteiro de obras será desativado, sendo que os materiais resultantes dessa operação e os entulhos serão coletados e transportados, adotando-se as medidas preconizadas pelo controle ambiental municipal, conforme descrito no parágrafo anterior.

Toda atividade de acondicionamento, coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos estarão de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos e deverá atender a Norma 10.004/2004 da ABNT (classificação de resíduos) e a Resolução CONAMA 307/2002 (gestão de resíduos sólidos da construção civil) bem como as legislações municipais.

Está prevista a execução da obra por um processo eficiente e de maior desempenho. Toda estrutura da obra deverá ser executada *in loco*, sendo as lajes protendidas e em grandes vãos livres sem vigas e com concreto alto adensável. O mesmo será utilizado para os pilares e demais elementos em concreto. As formas metálicas serão reaproveitadas e todo serviço executado por empresa especializada nesse processo construtivo. Espera-se, com esse procedimento, a redução do impacto construtivo e redução do prazo de execução.

Toda madeira utilizada durante a execução da obra e na fase de operação do edifício deverá ser certificada de acordo com princípios do Forest Stewardship Council (FSC) ou Conselho de Manejo Florestal e garantida a sua procedência, colaborando, assim, para o manejo florestal ambientalmente responsável.

A figura 58 exemplifica procedimentos básicos para redução dos impactos da construção.

Figura 58 - Os serviços preliminares para redução dos impactos produzidos pela construção da edificação envolvem um plano de controle de erosão, sedimentação e controle de sólidos suspensos no ar através da utilização de água não potável.



Fonte: GBC Brasil - 2009

4.4.1.3 Resíduos da Construção Civil

Para a coleta e disposição final dos resíduos gerados na construção civil identificados, principalmente, como produção de entulhos de alvenaria, madeira, ferragens, terra, resíduos vegetais e lixo doméstico deverá ser apresentado o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, conforme estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010 e a Resolução CONAMA 307/2002, quando da elaboração do Plano de Controle Ambiental, objetivando a obtenção da Licença Municipal de Instalação.

A CONAMA 307/2002 estabelece as diretrizes, os critérios e os procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, classificando os resíduos como de Classe A (resíduos reutilizáveis ou recicláveis), Classe B (resíduos recicláveis para outras destinações: plásticos, papel/papelão, metais, vidros e madeiras entre outros), Classe C (resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias

economicamente viáveis que permitam sua reciclagem/recuperação) e Classe D (resíduos perigosos ou prejudiciais à saúde).

O empreendedor deverá ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. A destinação final dos resíduos de Classe A será efetuada em áreas de aterro de resíduos da construção civil, os de Classe B serão dispostos em áreas de armazenamento temporário, de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura, os de Classe C e D serão armazenados, transportados e destinados em conformidade com normas técnicas específicas.

Igualmente, deverão ser observadas as especificações contidas na Norma Técnica 10004:2004 que classificam os resíduos em dois grupos, Resíduos Classe I (perigosos) e Resíduos Classe II (não perigosos). Os Resíduos Classe II são divididos em Classe II A ou resíduos não inertes e, Classe II B ou resíduos inertes.

4.4.1.4 Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

As premissas básicas do programa de gerenciamento de resíduos da construção civil são: a busca constante de alternativas possíveis para minimização da geração e a maximização da reutilização, do re-processamento, da reciclagem e do co-processamento, com conseqüente minimização da disposição de resíduos no solo (aterros industriais e sanitários).

A questão de gerenciamento de resíduos da construção está associada ao problema de desperdício de materiais na execução de empreendimentos. Essa percepção quanto a não-geração deve estar presente na implantação do programa de gestão dos resíduos.

Os aspectos a serem considerados nesse plano se referem à organização do canteiro, objetivando viabilizar a coleta diferenciada e a limpeza da obra, além de considerar a possibilidade de reutilização ou reciclagem de resíduos da construção civil dentro do próprio canteiro.

A obra será executada com diversos conceitos sustentáveis, com menor geração possível de resíduos para evitar ou minimizar os impactos.

A seguir são apresentadas as etapas necessárias para um eficiente Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil.

4.4.1.5 Características Qualitativas dos Resíduos

A caracterização abrange a classificação dos resíduos de acordo com a Resolução CONAMA n° 307 de 2002, incluindo amianto na classe de resíduos perigosos. A classificação está apresentada da seguinte forma:

- I. Classe A: São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- II. Classe B: São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, fios elétricos, tubulações e outros;
- III. Classe C: São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- IV. Classe D: São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais, amianto e outros.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

A Tabela 14 a seguir apresenta os materiais utilizados e os respectivos resíduos gerados, bem como sua classificação.

Tabela 14 - Classificação dos resíduos gerados.

MATERIAL UTILIZADO	RESÍDUOS	CLASSIFICAÇÃO (Resolução CONAMA nº 307/2002)
Vidro	Vidro	Classe B
Madeira	Madeira	Classe B
Tinta	Lata de tinta contaminada	Classe D
Cimento	Saco de papelão de cimento	Classe C
Argamassa colante	Saco de plástico de argamassa colante	Classe C
Argamassa reboco	Saco de plástico arg. reboco	Classe C
Argamassa alvenaria	Saco de plástico arg. Alvenaria	Classe C
Argamassa	Argamassa	Classe A
Aço	Aço	Classe B
Gesso acartonado	Gesso acartonado	Classe C
Forno acústico	Fibra mineral	Classe C
Areia	Areia	Classe A
Granito	Granito	Classe A
Bloco cerâmico	Cerâmica	Classe A
Bloco de concreto	Concreto	Classe A
Lajota	Lajota	Classe A
Tubulação de polietileno	PVC não contaminado	Classe B
Adesivo PVC	Recipiente plástico	Classe D
Tubulação elétrica	Plástico	Classe B
Fiação elétrica	Fios elétricos	Classe B
Lata de thinner	Lata contaminada	Classe D
Papelão	Papelão	Classe B

Fonte: Programa de Controle Ambiental- PCA – acervo da Terra Consult Ltda., 2011.

4.4.1.6 Triagem

A triagem deve ser realizada preferencialmente no local de geração, por pessoas devidamente instruídas a segregar os resíduos de acordo a sua específica classificação.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

A Tabela 15 apresenta os resíduos gerados em cada etapa, sua classificação e sua quantificação.

Tabela 15 - Quantificação e classificação dos resíduos gerados em cada etapa da obra.

RESÍDUOS	CLASSIFICAÇÃO	QUANTIFICAÇÃO	UNIDADE
1ª Etapa – FUNDAÇÃO			
Madeira	Classe B	1	M ³
Concreto	Classe A	5	M ³
Aço	Classe B	50	Kg
2ª Etapa - ESTRUTURA / OBRA BRUTA			
Madeira	Classe B	3	M ³
Aço	Classe B	186	Kg
Concreto	Classe A	13	M ³
Lajota	Classe A	1,50	M ³
Saco papelão cimento	Classe C	2.340	Saco 50 Kg
Saco plástico argamassa reboco	Classe C	3.000	Saco 35 Kg
Saco plástico argamassa alvenaria	Classe C	2.000	Saco 25 Kg
Areia	Classe A	2	M ³
PVC não contaminado	Classe B	26	M
PVC contaminado	Classe D	13	M
Embalagem adesivo PVC contaminada	Classe D	25	unid.
Plástico	Classe B	5,6	Kg
3ª Etapa - OBRA FINA			
Gesso acartonado	Classe C	8	Kg
Forro acústico	Classe C	2	M ²
Cerâmica interna	Classe A	30	M ²
Piso em granito	Classe A	40	M ²
Granito Fachada	Classe A	3	M ²
Papelão	Classe B	200	Kg
Saco de argamassa colante	Classe C	1013	Saco de 20 kg
Lata de Thiner contaminada	Classe D	6	Lata
Lata de tinta contaminada	Classe D	367	Lata
Vidro	Classe B	5	Kg

Fonte: Programa de Controle Ambiental - PCA – acervo da Terra Consult Ltda.– 2011

4.4.1.7 Acondicionamento

Consiste no ato de embalar os resíduos segregados em sacos rafia e bombonas, devidamente sinalizados de acordo com suas características, evitando o desperdício e promovendo a reutilização e reciclagem, que são primordiais no Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil.

A empresa implantará coleta seletiva nos pavimentos em que estiverem trabalhando com lixeiras identificadas por nomes e cores para diferentes tipos de resíduos seguindo os padrões da Resolução CONAMA nº 275 de 25 de abril de 2001 (Figuras 59 e 60).

Figura 59 - Sinalização para acondicionamento diferenciado (Resolução CONAMA nº 275)



Fonte: OLIVEIRA, 2009.

Figura 60 - Bombonas sinalizadas.



Fonte: OLIVEIRA, 2009.

A partir da segregação e acondicionamento dos resíduos no momento da geração, esses devem ser coletados internamente com frequência diária e destinados ao local de armazenamento temporário. Os tipos de resíduos e sua quantificação variam em função da etapa da obra, podendo essa ser dividida em três, tais como: etapa de fundação, etapa de obra bruta e etapa de obra fina.

Portanto, os diferentes locais de armazenamento temporário adotados deverão ser adequados a cada etapa de geração, possibilitando a otimização do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil. A seguir serão descritos os possíveis locais de armazenamento temporário dos resíduos.

Caçambas

São utilizadas para resíduos pesados e gerados em grande quantidade, como o concreto, tijolo, areia, etc. Devem ser inseridos em locais de fácil acesso para a coleta, realizados por caminhões poliguindastes (Figura 61).

Figura 61 - Caçambas para o armazenamento de resíduos de alvenaria, concreto, areia, dentre outros.



Fonte: SERCOP BATENTES, 2012

Vale ressaltar que os resíduos destinados a esse tipo de armazenamento devem ser, preferencialmente, os resíduos de construção civil de classe A, pois quando

misturados com resíduos de outras classes, o seu custo de destinação é maior e a segregação se torna ineficiente.

Como as caixas devem ser instaladas

- Estacionar ao longo da guia da calçada e observar as normas de segurança no trânsito. O estacionamento em passeios e calçadas é proibido;
- Apresentar identificação da empresa operadora, números do Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) e o telefone de sua sede;
- Quando transportadas deverão estar cobertas;
- Em área pública não poderão permanecer cheias por mais de 24 horas;
- Também devem estar sempre conservadas e limpas.

Através da utilização de uma central de armazenamento temporário de resíduos sólidos, objetiva-se concentrar em uma única área, todos os resíduos gerados, permitindo, assim, melhor controle e redução da mão-de-obra necessária para a operacionalização. Além de reunir quantidades suficientes para comercialização dos mesmos.

As caçambas serão localizadas no pátio da empresa mantendo-se o controle dos resíduos recebidos através de planilhas de registro.

A tabela 16 apresenta a tipologia dos resíduos e cor representativa que deverá ser adota em cada caçamba, de acordo com a Resolução CONAMA 275/01.

Tabela 16 - Código de cores das Baias de Armazenamento Temporário.

BAIA	IDENTIFICAÇÃO	TIPOLOGIA
B1	Laranja	Resíduo Perigoso
B2	Azul	Papel
B3	Vermelho	Plástico
B4	Preto	Madeira
B5	Amarelo	Metal
B6	Verde	Vidro
B7	Branco	Gesso

Fonte: Programa de Controle Ambiental -PCA – acervo da Terra Consult Ltda.– 2011.

4.4.1.8 Transporte/ Controle

Essa etapa consiste na coleta, através do transporte interno e externo de todos os resíduos gerados, a fim de que se tenha uma adequada destinação. O transporte interno dos resíduos mais pesados (concreto, cerâmica, etc) gerados nos pavimentos é realizado através de seu lançamento em uma tubulação que passa por todos os pavimentos, chegando até as caçambas disposta na parte inferior do edifício (Figura 62). O Transporte externo dos resíduos é realizado pela empresa Disk Caçamba, que destina o resíduo adequadamente para local devidamente licenciado.

A seguir (Quadro 23) é apresentado o modelo de formulário que atende às NBR 15112/2004 e 15114/2004 e que deve ser emitido em três vias (1ª via para gerador, 2ª via – para o transportador, 3ª via – para destinatário).

Figura 62 - Dispositivos de transporte dos resíduos gerado nos pavimentos para as caçambas.



Fonte: ROTOMIX BRASIL, 2012.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Quadro 28 - Modelo de formulário para atender à NBR 15112/2004 e 15114/2004

CTR – CONTROLE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS		
Informações do Gerador		
Nome ou Razão Social:		CPF ou CNPJ:
Endereço da retirada:	Obra:	Data:
1ª Via - Gerador	2ª Via - Transportador	3ª Via - Destinatário
Tipo de Resíduo	Peso ou Volume	Unidade
Alvenaria, Argamassa e Concreto		
Gesso		
Madeira		
Papel		
Metal		
Plástico		
Solo		
Material Asfáltico		
Volumosos (Incluindo podas)		
Outros (especificar):		
Informações do Transportador		
Nome (PF) ou Razão Social (PJ):		
CNPJ:	Insc. Municipal:	
Tipo de Veículo:	Placa:	
Informações do Destinatário		
Nome ou Razão Social:		CPF ou CNPJ:
Endereço da destinação:		
Assinaturas/Carimbos		
Gerador	Transportador	Destinatário

Fonte: Programa de Controle Ambiental – PCA – acervo da Terra Consult Ltda. (2011).

4.4.1.9 Destinação dos Resíduos

As soluções para destinação dos resíduos devem combinar compromisso ambiental e viabilidade econômica, garantindo a sustentabilidade pelos construtores. Os fatores determinantes para a destinação são os seguintes:

- Possibilidade de reutilização ou reciclagem dos resíduos no próprio canteiro;

- Proximidade dos destinatários para minimizar custos de deslocamento;
- Conveniência do uso de áreas especializadas para a concentração de pequenos volumes de resíduos mais problemáticos, visando à maior eficiência na destinação.

A destinação dos resíduos de construção civil deve acontecer de acordo com a classificação dos resíduos, conforme apresentado a seguir:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

De acordo com a resolução 307/02, os aterros para resíduos Classe A previamente triados podem ser implantados em duas situações:

- Aterros para a correção de nível de terrenos, visando a uma ocupação futura para a área
- Aterros para a reservação de materiais limpos, nos quais são dispostos em locais diferenciados e específicos os resíduos de concreto e alvenaria, os solos, os resíduos de pavimentação asfáltica e outros resíduos inertes, visando facilitar sua futura extração e reciclagem.

Caso haja necessidade de transportar os resíduos para serem reutilizados em outra obra ou para destinação final em aterro, o mesmo será realizado por empresa licenciada, que é a responsável pela destinação dos resíduos.

No Quadro 24 a seguir, permite a identificação de algumas soluções de destinação para os resíduos passíveis de utilização pelo construtor.

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Quadro 29 - Destinação de resíduos passíveis de reutilização. Continuação.

RESÍDUOS	CLASSIFICAÇÃO (RESOLUÇÃO CONAMA N° 307/2002)	DESTINAÇÃO
Vidro	Classe B	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
Madeira	Classe B	Atividades econômicas que possibilitem a reciclagem deste resíduo, a reutilização de peças ou o uso como combustível em fornos e caldeiras.
Lata tinta contaminada	Classe D	Aterro industrial - classe I
Saco de papelão de cimento	Classe C	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
Saco de plástico de argamassa colante	Classe C	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
Saco de plástico de argamassa reboco	Classe C	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
Saco de plástico de argamassa alvenaria	Classe C	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
Argamassa	Classe A	Reaproveitados/ aterro da própria obra ou outra/ Destinado para Aterro licenciado
Aço	Classe B	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
Gesso acartonado	Classe C	É possível o aproveitamento pela indústria gesseira e empresas de reciclagem.
Areia	Classe A	Reaproveitados/ aterro da própria obra ou outra / Destinado para Aterro licenciado
Cerâmica	Classe A	Reaproveitados/ aterro da própria obra ou outra / Destinado para Aterro licenciado
Concreto	Classe A	Reaproveitados/ aterro da própria obra ou outra/Destinado para Aterro licenciado
PVC não contaminado	Classe B	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
PVC contaminado	Classe D	Encaminhar para aterros licenciados para resíduos perigosos.
Embalagem de adesivo PVC contaminada	Classe D	Encaminhar para aterros licenciados para resíduos perigosos.

Quadro 30 - Destinação de resíduos passíveis de reutilização. Conclusão.

Plástico	Classe B	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
Fios elétricos	Classe B	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.
Lata thinner contaminada	Classe D	Encaminhar para aterros licenciados para resíduos perigosos.
Papelão	Classe B	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializem ou reciclam estes resíduos.

Fonte: Programa de Controle Ambiental -PCA – acervo da Terra Consult Ltda.– 2011

4.4.1.10 Treinamento

O treinamento específico para o gerenciamento de resíduos de construção civil visa, essencialmente, à garantia de operação segura e correta dos processos envolvidos, eliminando os riscos decorrentes de falha humana. Portanto, um plano de treinamento de pessoal para essas atividades têm que se constituir de programações contínuas, com reciclagens periódicas capazes de assegurarem a atualização constante do pessoal nelas envolvido.

4.4.1.11 Poluição Hídrica

As fontes de poluição hídrica na fase de implantação estão ligadas aos serviços (umectação, lavagem de pátio de obras, equipamentos, máquinas) e efluentes gerados pela infraestrutura para atender população temporária ou flutuante da obra.

Os efluentes líquidos provenientes dos serviços de umectação de material, lavagem do pátio de obra, equipamentos, máquinas e veículos serão encaminhados para um sistema separador de partículas, que consiste em passar todo o efluente gerado por uma seqüência de compartimentos, evitando que o material sedimentável seja carregado e lançado diretamente na rede de drenagem pluvial.

Esse tratamento será realizado através de um sistema de captação e decantação dos efluentes líquidos gerados, obedecendo aos padrões de lançamento de efluentes de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Para os efluentes gerados pelos cortes de rochas ornamentais (mármore e granito) e cerâmicas, bem como provenientes da escavação do solo, será utilizado o sistema separador de partículas, com os compartimentos estabelecidos para a contenção do material a ser carreado.

Os efluentes líquidos domésticos gerados no canteiro de obras, enquanto o tratamento não for definitivo, serão encaminhados para uma unidade de tratamento sanitário, sendo que a mesma será dimensionada para atender ao número de operários da obra, de acordo com a norma 8.160/99 da ABNT. Essa unidade de tratamento, bem como sua ligação provisória na rede coletora pública existente, será desativada na desmobilização do canteiro de obra.

Toda a água utilizada durante o período de construção do empreendimento será fornecida pela ligação provisória na rede de distribuição da Cesan, que atende a região, e que será substituída quando feita a ligação para o abastecimento definitivo.

4.4.1.12 Poluição Sonora

Nas atividades que são inerentes à construção civil, como, por exemplo, operação de montagem, construção, demolição, reparo ou alteração substancial de uma edificação, é necessário o uso de máquinas e aparelhos, que, inevitavelmente, emitem ruídos, embora temporários e de curta duração, que obedecerão às normas para minimizar os impactos na vizinhança.

A Resolução COMDEMA 10/1998 estabelece o limite máximo de pressão sonora para as zonas de uso diversos, definidas pelo PDU de Vitória, de 65 dB (A) para o horário diurno. Assim, todo e qualquer movimentação de máquinas e utilização de equipamentos, bate estacas e betoneiras, serviços de concretagem, de serralheria e

carpintaria, corte de mármore, granitos e cerâmicas atenderão aos limites máximos previsto nessa Resolução.

A Resolução 10/1998 determina, ainda, que a atividade de bate-estaca só poderá operar, de segunda a sexta-feira, no horário compreendido entre 08 e 18 horas e, aos sábados, entre 08 e 12 horas. E somente serão admitidas obras de construção civil que possam provocar som acima dos limites estabelecidos nos domingos e feriados, mediante aprovação prévia da Semmam.

A operação de máquinas e equipamentos para corte de materiais cerâmicos será realizada em ambiente coberto, com fechamento nas laterais e nos fundos, utilizando compensado de madeira resinada, que funcionará como absorvente sonoro, de tal forma a atender aos limites máximos de pressão sonora estabelecidos pela legislação em vigor.

4.4.1.13 Poluição Atmosférica

Para evitar que os materiais particulados emitidos durante a fase de implantação do empreendimento fiquem em suspensão, será feito um controle sistemático dos mesmos que envolverão as seguintes tarefas:

- A. O canteiro de obras será umectado periodicamente;
- B. Diariamente serão realizadas a varrição e remoção de entulhos, com aspersão de água, a fim de minimizar a geração de poeira. É de primordial importância a varrição diária, principalmente nas proximidades dos portões de acesso à obra, evitando com isto a emissão de poeira e o carregamento de resíduos para as vias públicas do entorno, que, conseqüentemente, poderiam causar assoreamento das galerias de drenagem pluvial;
- C. Todos os materiais fragmentados a serem utilizados na construção do empreendimento, tais como argila, areia e brita, bem como os entulhos resultantes de tal atividade serão mantidos em depósitos separados, devidamente cobertos por tela de proteção em malha fina sobre a superfície dos mesmos para reduzir o arraste eólico para o canteiro de obras e para o entorno do empreendimento;

D. Para que a retenção de material particulado, proveniente de cortes de revestimentos tipo cerâmico, mármore, granito seja efetivamente eficiente, tal atividade será realizada em ambientes confinados com tela de proteção em malha fina.

4.4.1.14 Saúde e Segurança do Trabalhador

Serão observadas as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, com destaque para as NR 5 - CIPA, NR 6 - Equipamento de Proteção Individual, NR 7- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO, NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais e a NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.

4.4.2 Procedimentos a serem adotados na fase de operação

4.4.2.1 Resíduos Sólidos

Será elaborado o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos considerando os aspectos referentes à classificação, geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos domésticos e de saúde.

A instituição de ensino superior está projetada para oferecer diversos cursos, entre eles, cursos da área biomédica. Está prevista a construção de laboratórios de saúde (microscopia, biologia, fisiologia) e sala anatômica.

Portanto, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos será elaborado em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei Nº. 12.305/2010, com as normas estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa e atenderá os dispositivos legais do município de Vitória quanto ao condicionamento e disposição dos resíduos de saúde, sendo apresentado à Semmam na fase da Licença Municipal de Operação.

4.4.2.2 Poluição Hídrica

Para essa fase, está prevista a implantação do sistema de tratamento dos efluentes oriundos da praça de alimentação, que serão recolhidos em caixa de gordura e encaminhados a caixas de inspeção junto com os efluentes dos banheiros (chuveiros, lavatórios, bacias sanitárias, mictórios e ralos de pisos de compartimentos internos) e, enfim, encaminhados e interligados à rede coletora pública da Cesan que está em implantação.

O Projeto Hidro-sanitário atenderá aos parâmetros de dimensionamentos previstos nas Normas 7.229/1993 e 13.969/1997 da ABNT.

4.4.2.3 Poluição Sonora

Visando a garantir o sossego e o bem estar público e, no sentido de se evitar perturbações ou incômodos por emissões excessivas de ruídos, o conjunto moto-bomba deverá ser devidamente acondicionado em compartimento (casa de bombas) construído exclusivamente para este fim.

4.4.2.4 Poluição Atmosférica

Considerando a tipologia da atividade de uso de ensino superior, que prevê a oferta de cursos na área biomédica, será instalado sistema de controle de exaustão de gases com o objetivo de criar um ambiente de trabalho seguro, com a contenção de vapores para proteção dos laboratórios e operadores contra vapores e aerossóis sem necessidade de dutos e exaustores.

O tratamento de exaustão de gases será realizado por equipamento de segurança do trabalhador em laboratório, disponíveis no mercado em muitas formas, tamanhos, materiais e diferentes revestimentos, e serão configurados para acomodar a variedade de procedimentos químicos a ser utilizada na instituição de ensino.

4.5 CATEGORIA - QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA (IEQ)

Essa categoria tem como intenção estabelecer o mínimo de qualidade do ar interior nos edifícios contribuindo para o conforto e bem estar dos ocupantes.

No quadro 25 estão listados todos os créditos do item trabalhado. Aplicam-se ao projeto os créditos 2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 6.1, 6.2, e o pré-requisito 3.

Quadro 31 - Categorias e créditos do LEED Schools NC v3 para o item que trata sobre a qualidade do ar interno da edificação.

QUALIDADE DO AR INTERNO DO EDIFÍCIO (IEQ)	
Pré-requisito 1	Desempenho mínimo da qualidade do ar
Pré-requisito 2	Controle de fumaça gerada pelo tabaco
Crédito 1	Monitoramento do ar externo
Crédito 2	Aumento da eficiência da ventilação
Crédito 3.1	Gestão da qualidade do ar interno na fase de construção
Crédito 3.2	Gestão da qualidade do ar interno antes da ocupação
Crédito 4.1	Materiais de baixa emissão: adesivos e selantes
Crédito 4.2	Materiais de baixa emissão: tintas e vernizes
Crédito 4.3	Materiais de baixa emissão: carpetes e forrações
Crédito 4.4	Materiais de baixa emissão: madeiras compostas/pro. agrícolas
Crédito 5	Controle de fontes poluentes e produtos químicos
Crédito 6.1	Controle de sistemas de iluminação
Crédito 6.2	Controle de sistemas de conforto térmico
Crédito 7.1	Conforto térmico – projeto
Crédito 7.2	Conforto térmico - verificação
Crédito 8.1	Luz do dia e vistas: luz do dia em 75% dos espaços
Crédito 8.2	Luz do dia e vistas: vistas em 90% dos espaços
Pré-requisito 3	Mínima performance acústica
Crédito 9	Melhoria da performance acústica
Crédito 10	Prevenção do mofo

Fonte: Adaptado de GBC Brasil, 2009.

A proposta desse trabalho para essa categoria é apresentar algumas especificações de produtos e tecnologias ambientalmente favoráveis e saudáveis a todos, aplicadas em reformas ou construções de empreendimentos sustentáveis e utilizadas no projeto modelo. Os dados abaixo foram extraídos das informações contidas em textos do GBC Brasil (2011), onde são definidos os conceitos dos eco-produtos e técnicas construtivas.

4.5.1 Ecoprodutos (Produtos Sustentáveis)

É todo o artigo de origem artesanal ou industrializado, de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, que seja não-poluente, não-tóxico, benéfico ao meio ambiente e não prejudiquem a saúde dos seres vivos, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável. (GBC Brasil, 2011).

Podemos classificá-los em três categorias:

- Produtos recomendados (ecológicos);
- Produtos corretos (reciclados ou recicláveis);
- Produtos aceitáveis (baixo impacto ambiental).

4.5.2 Produtos recomendados (Ecológicos)

- Produtos obtidos com o mínimo de agressão ao meio ambiente, com matérias primas naturais renováveis ou reaproveitáveis, que não prejudiquem a saúde do consumidor e sem emissão de poluentes (sólidos, líquidos ou gasosos).

Ex. Pinturas a cal, Tintas à base d'água e silicatos, madeiras de áreas de manejo sustentável ou com FSC, resinas e colas vegetais.

Produtos corretos (reciclados ou recicláveis)

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

- Produtos reciclados, com matérias primas não renováveis, tecnologias que permitem a resolução de problemas no próprio local da geração desses e sistemas que permitam geração de energia com baixo impacto e não comprometam o meio ambiente com a emissão de poluentes.

Ex. Blocos cerâmicos com material reciclado, pisos intertravados com areia de fundição, britas e areias recicladas, tijolos solo-cimento, tintas a base de silicatos, solventes a base de óleos cristalinos.

Produtos aceitáveis (baixo impacto ambiental)

- Produtos que ainda com algum nível de agressão ao meio ambiente, são os menos danosos em sua categoria. Requerem matérias primas não renováveis, mas que contribuem para preservação do meio ambiente, apresentam baixa emissividade de poluentes e são não-tóxicos .

Ex. Tintas isentas de COV's, lâmpadas fluorescentes compactas, pintura acrílica, madeiras em MDF.

Dentro dos conceitos dos Eco-Produtos, também estão definidas as tecnologias e técnicas construtivas, sendo :

- Tecnologias Ambientais;
- Tecnologias Sustentáveis;
- Tecnologias Eco-inteligentes.
- Técnicas Construtivas
- Iluminação Natural;
- Ventilação Natural.

Tecnologias ambientais

- São sistemas ou equipamentos que propiciam à indústria uma produção mais limpa e menos invasiva com relação ao meio ambiente.

Ex. Ozonizadores em substituição ao cloro para branqueamento do papel, plantas de tratamento de efluentes industriais.

Tecnologias sustentáveis

- São sistemas ou equipamentos de uso individual, uni familiar ou comercial com o objetivo de aproveitar recursos naturais disponíveis, normalmente não utilizados ou subutilizados, tratar os efluentes domésticos e proporcionar seu reuso, economizar energia ou gerar esta mesma energia por uso de fontes renováveis (eólica, solar, biomassa, geotérmicas, etc.).

Ex. ETE Biológica, placas fotovoltaicas, gerador de ozônio, aquecedor solar, sistema de reuso água pluvial.

Tecnologias eco-inteligentes

- São dispositivos que utilizados no ambiente construído, contribuem para a gestão e redução no consumo de energia elétrica, água e conforto termo-acústico.

Ex. Sensores de presença, válvulas de duplo fluxo para vasos sanitários, torneiras de fechamento automático ou com sensores.

Técnicas Construtivas - Iluminação Natural

- Maior uso de iluminação natural, aproveitando este recurso natural gratuito e promovendo a redução do consumo de energia;
- Utilizar informação movimento solar (estações do ano);
- Verificar posição e altura das árvores plantadas (melhorar insolação residências);
- Utilização de paisagismo para redução da irradiação solar.

Técnicas Construtivas - Ventilação Natural

- Verificar movimento dos ventos;
- Corrigir problemas de obstrução nas residências;
- Verificar condicionantes externos (fonte de odor e outros incômodos).

Algumas industriais já possuem certificação ambiental para seus produtos, que passaram a utilizar o selo ecológico estampado em seus rótulos.

Como exemplo é possível citar O Selo Ecológico Falcão Bauer (figura 63), que definiu três categorias, que demonstram os impactos e benefícios de um produto sustentável, são elas:

Figura 63 - Selo ecológico Falcão Bauer.



Fonte : GBC Brasil, 2009.

Selo Ecológico - Categoria 1

Refere-se a ecoprodutos com as seguintes características:

- Não possuam em sua composição substâncias perigosas, segundo a NBR ISO10004: 04;
- Possuam impacto ambiental do produto e do processo produtivo menor que os similares convencionais, segundo ACV - Análise do Ciclo de Vida do produto (matéria-prima, energia, água, recursos naturais, embalagens, emissões, resíduos, vida útil do produto e destinação pós-uso).

Selo Ecológico - Categoria 2

Referem-se a ecoprodutos que:

- Não possuam em sua composição substâncias perigosas, segundo a NBR ISO10004: 04;
- Possuam baixo impacto ambiental do produto e do processo produtivo, segundo ACV - Análise do Ciclo de Vida do produto (matéria-prima, energia, água, recursos naturais, embalagens, emissões, resíduos, vida útil do produto e destinação pós-uso);
- Possuam percentual em massa de pelo menos: 30% pós consumo ou 50% pré consumo de suas matérias-primas.

Selo Ecológico - Categoria 3

Referem-se a eco produtos que:

- Não possuam em sua composição substâncias perigosas, segundo a NBR ISO10004:04;
- Possuam mínimo impacto ambiental do produto e do processo produtivo, segundo ACV - Análise do Ciclo de Vida do produto (matéria-prima, energia, água, recursos naturais, embalagens, emissões, resíduos, vida útil do produto e destinação pós-uso);
- Possuam percentual em massa de pelo menos: 90% de matérias-primas renováveis.

Outra certificação existente no mercado para produtos industrializados é o selo SustentaX (figura 64)

Figura 64 - Selo SustentaX



Fonte: GBC Brasil (2009).

O Selo SustainaX de Sustentabilidade com Qualidade para o setor imobiliário, tem por objetivo aumentar a produtividade e reduzir os custos na concepção, implantação e operação de *Green Buildings*.

Critério de Análise

Conformidade de sustentabilidade ambiental pelo critério *LEED Schools NC - v3* (Leadership in Energy and Environmental Design) emitido pelo *US Green Building Council*;

Conformidade de qualidade (produtos) ou de procedimentos (serviços);

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.

Vantagens da utilização de ecoprodutos

- Não agredem a saúde ou a beneficiam;
- Contribuem para um modelo sócio-econômico sustentável;
- Não agredem ao meio ambiente;
- Tem custos competitivos, com seus similares convencionais;
- Retiram do meio ambiente resíduos que o comprometeriam;
- Contam com especificações técnicas e são testados com os mesmos parâmetros;
- Contribuem para educação ambiental dos usuários;
- São renováveis ou não esgotam os recursos naturais;
- Redução significativa dos custos operacionais.

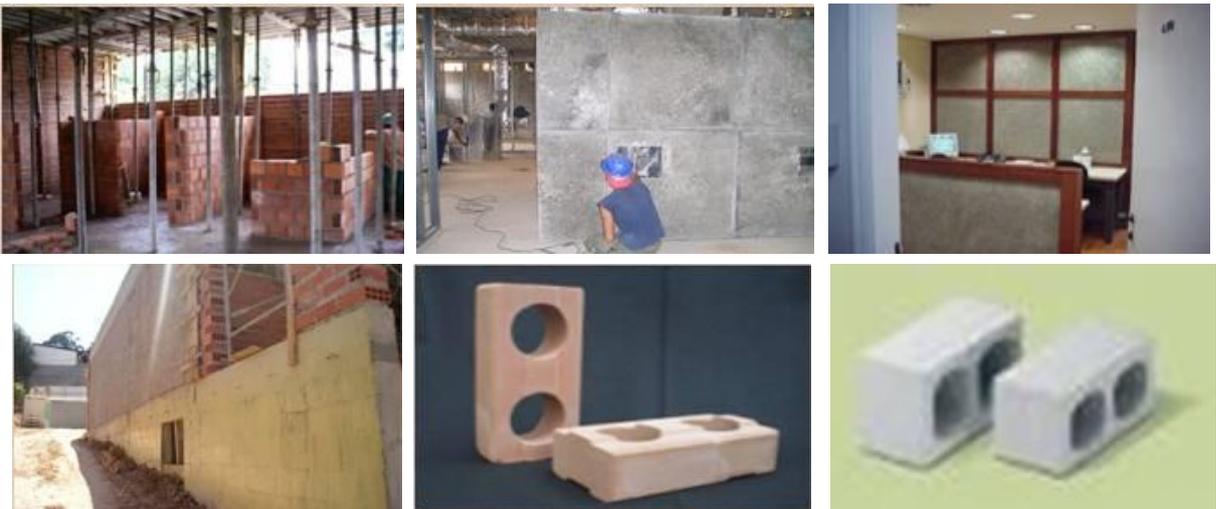
Deve-se sempre questionar o fornecedor sobre o processo construtivo, matéria prima empregada e os benefícios ambientais e a saúde do produto.

Essa atitude contribuirá para a mudança de comportamento do mercado e a disseminação de uma nova cultura, voltada para a sustentabilidade.

Não existe construção sustentável sem eco produtos. Apenas recursos de iluminação natural e bioclimática não bastam, são necessários materiais sustentáveis e biocompatíveis, além de tecnologias apropriadas.

Dentro desse conceito e para atendimento a metodologia *LEED Schools NC - v3*, serão apresentados alguns materiais já testados, comprovados e certificados como produtos ecológicos e ao final exibido quais os materiais e procedimentos utilizados no projeto modelo desse trabalho (figuras 65 a 80).

Figura 65 - Para a execução das alvenarias podem ser utilizados blocos cerâmicos com fibras celulósicas, tijolos de solo cimento e blocos estruturais de sílico calcário ou area de fundição, além das placas divisórias recicladas de tubo de pasta de dente ou embalagens longa vida.



Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 66 - Exemplos de peças de mobiliário fabricadas com placas recicladas de tubo de creme dental e madeira certificada.





Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 67 - Pisos e Revestimentos com Material Reciclado Reflorestado



Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 68 - Exemplos de utilização de madeira certificada para a confecção de esquadrias, pisos e rodapés. A madeira pode ser poupada também com a utilização de fôrmas de plástico reaproveitáveis e madeira reciclada (painéis de OSB).



Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 69 - Insumos e revestimentos reciclados como brita e areia, a utilização de massa única e cales pozolânicas, o chapisco com areia reciclada e cimento CP III e a utilização da própria areia sintética de EVA auxiliam na redução da produção de resíduos.

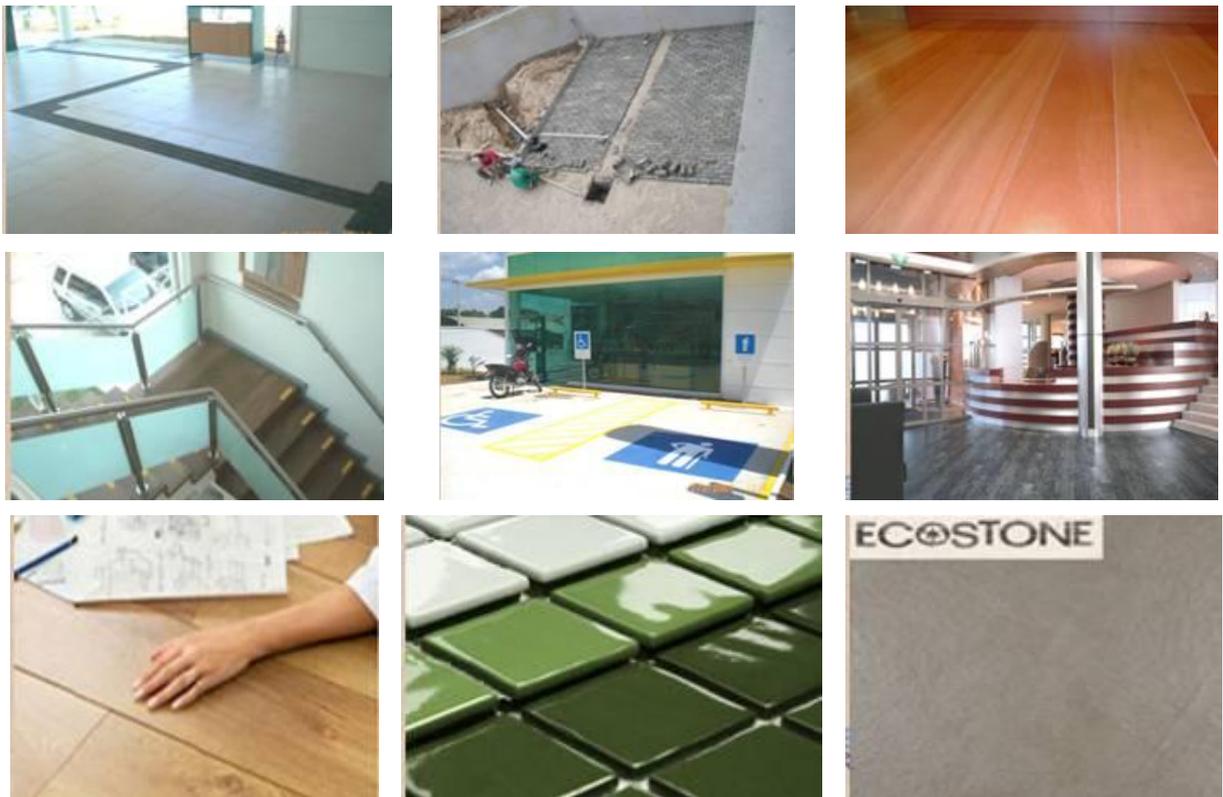


AÇÕES PROJETAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS



Fonte: GBC Brasil – 2009

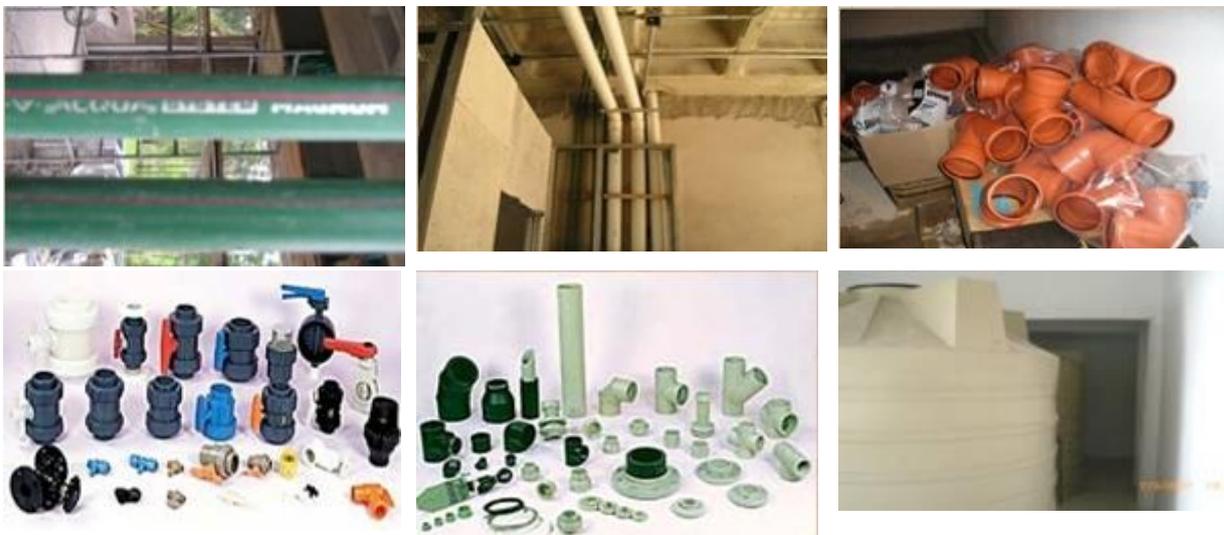
Figura 70 - Exemplos de pisos: táteis alerta e direcionais em borracha reciclada, assoalhos em madeira certificada com selo FSC, pisos intertravados permeáveis produzidos com material reciclado, degraus, rodapés e espelhos de escadas em madeira certificada. Além destes, pisos em concreto armado também podem ser feitos com cimento CPIII, britas e areias recicladas, pisos de linoleum e marmoleum, porcelanatos e pastilhas de vidro produzidos com material reciclado.



Fonte: GBC Brasil – 2009

AÇÕES PROJETAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Figura 71 - Instalações Hidráulicas em polipropileno, pet e polietileno.



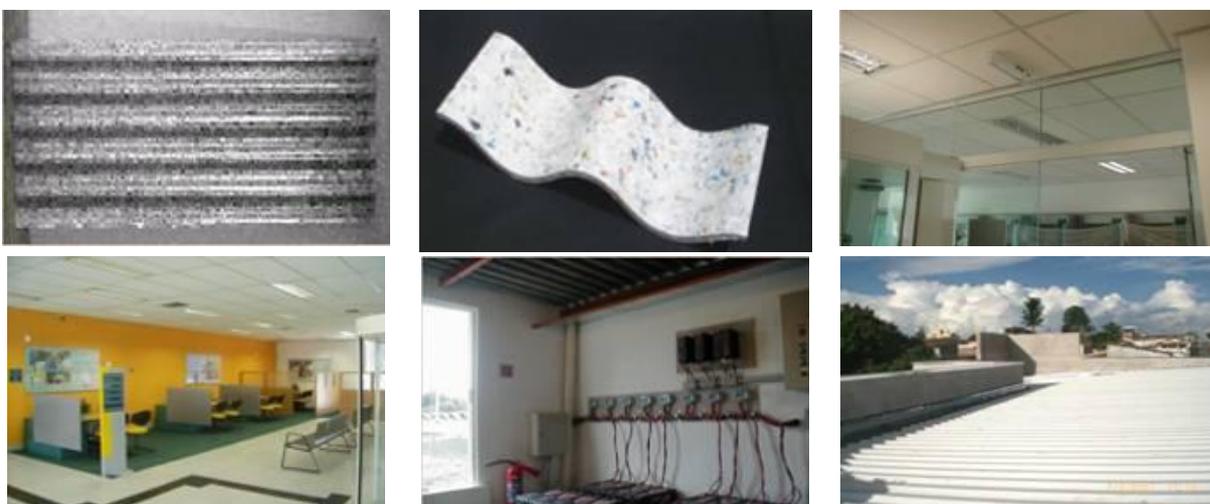
Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 72 - Produtos de larga escala de uso no dia a dia podem ser fabricados em material reciclado, amenizando a produção de resíduos industriais. Abaixo, a madeira plástica aplicada em guarda corpos, o piso de plástico reciclado e os carrinhos de PET reciclado.



Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 73 - Forros e coberturas produzidos com fibras minerais, tubos de pasta de dente reciclados ou embalagens longa vida, coberturas metálicas com baixo índice de refletância e coberturas com telhas de fibrocimento sem amianto.



AÇÕES PROJETAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 74 - Equipamentos sanitários como caixas de descarga em plástico, equipadas com duplo acionamento, visando a economia de água, torneiras com fechamento automático, aeradores e sensores de presença infravermelho, bacias e mictórios com hidrovácuo e mictório com hidrovácuo e mictórios que não utilizam água para a descarga.



Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 75 - Racionalização do uso da água, através da adaptação de tecnologias inovadoras de tratamento de esgoto e reúso da água (também da água da chuva) para irrigação dos jardins, inclusive de telhados verdes, que reduzem o efeito as ilhas de calor.



Fonte: GBC Brasil – 2009

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

Figura 76 - A qualidade ambiental interna também abrange o uso de sistemas de ar condicionado evaporativo, sem a utilização de gases nocivos e com renovação total do ar interno, bem como sistemas de purificação do ar por ionização rádio-catalítica.



Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 77 - Eficiência energética obtida pelo uso de energia fotovoltaica para iluminação e de sistemas e equipamentos elétricos, cabos e acessórios sem pigmentação pesada e cabos antichamas.



Fonte: GBC Brasil – 2009

Figura 78 - Qualidade ambiental interna, promovida pelo aproveitamento de luz natural (shed), fachadas envidraçadas, orientação geométrica do local, luz diurna e vistas na maioria dos ambientes, além de área exclusiva para fumantes. O uso de materiais com baixa emissão de COVs, tintas minerais e à base d'água, massa corrida de base mineral, além de textura mineral à base de silicato de potássio.

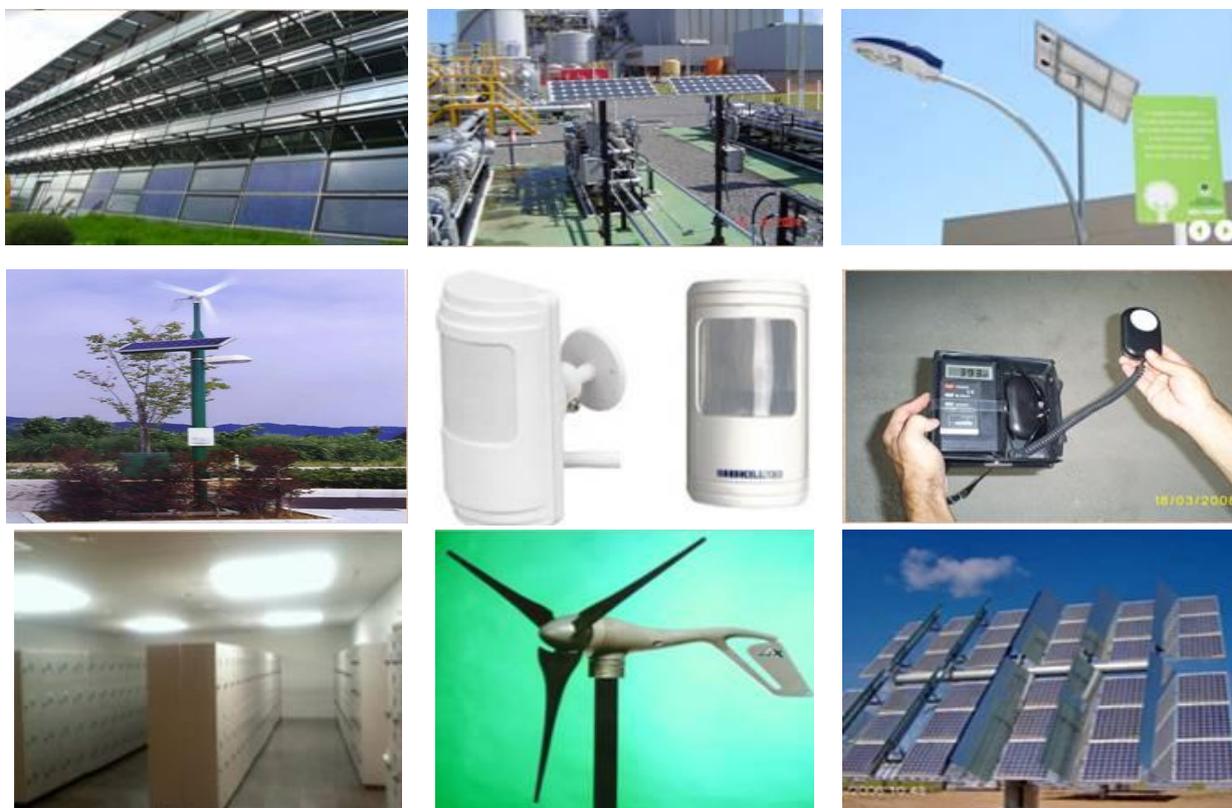




Fonte: GBC Brasil – 2009

Foram especificados, em substituição ao PVC, tubulações em polipropileno PP para as instalações hidráulicas e sanitárias, evitando-se a contaminação por produtos potencialmente cancerígenos lixiviados pelo escoamento pelas tubulações em PVC, incluindo as conexões e reservatório d'água.

Figura 79 - A eficiência energética da edificação pode ser também alcançada pelo uso de placas fotovoltaicas, sistemas de aquecimento solar a vácuo, luminárias solares com LED, fotovoltaicas e eólicas, sistemas automatizados com sensores de presença e medidores a feridores de iluminância. Em empreendimentos maiores é possível a instalação de domus prismáticos, geradores eólicos e centrais fotovoltaicas.



Fonte: GBC Brasil – 2009

AÇÕES PROJETUAIS RELACIONADAS ÀS CATEGORIAS DO LEED SCHOOLS

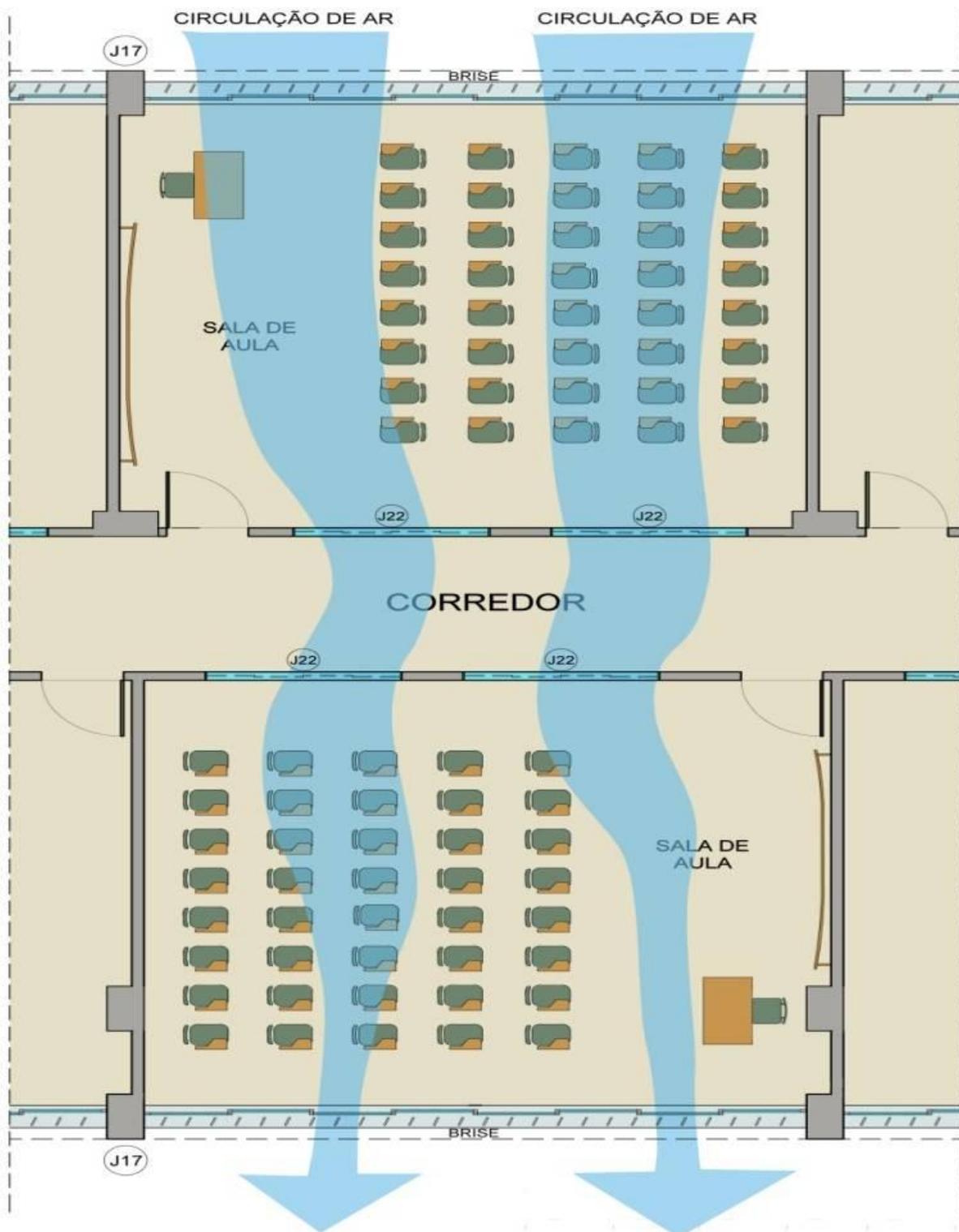
Figura 80 - O conforto ambiental interno depende também de equipamentos utilizados para retenção de sujeira e umidade (tapetes emborrachados), películas de controle térmico e de ofuscamento, agentes extintores de incêndio sem CFCs e revestimentos internos e externos produzidos com materiais reutilizados e reutilizáveis.



Fonte: GBC Brasil – 2009

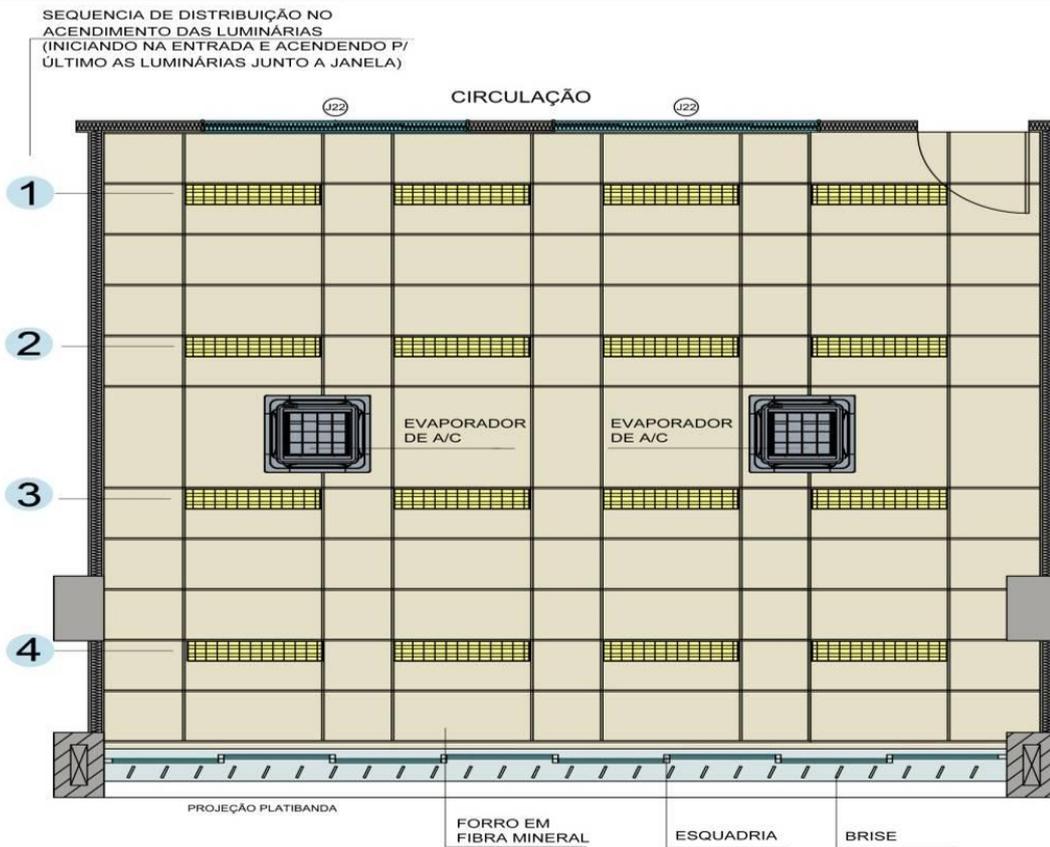
Em relação aos produtos especificados em projeto e às técnicas adotadas para melhorar a qualidade do ambiente interno e, com isso, proporcionar melhor desempenho nas salas de aula, as figuras 81 a 84 ilustram esses ambientes e os elementos de fachada.

Figura 81 - Esquema gráfico de circulação cruzada nos ambientes.



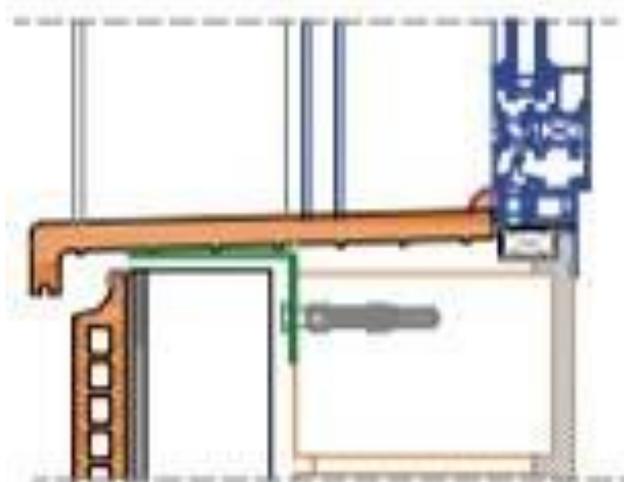
Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

Figura 82 - Planta do forro padrão das salas de aula.



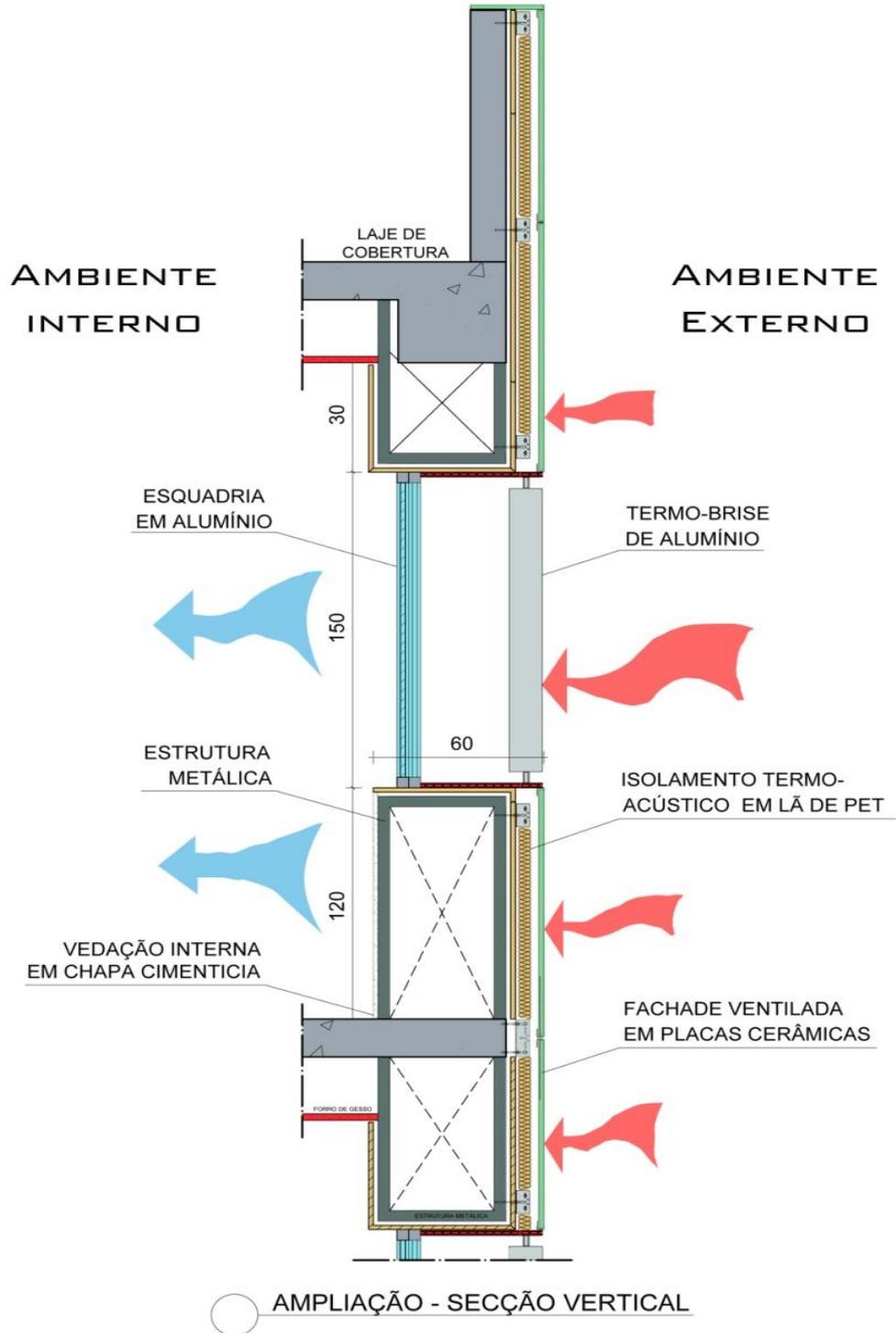
Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

Figura 83 - Detalhe do Peitoril das salas.



Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

Figura 84 - Secção Vertical da Fachada das salas de aula.



Fonte: NB Projetos Ltda, 2011.

4.6 CATEGORIA – INOVAÇÃO NO PROJETO (ID)

A construção “Verde” está crescendo e se desenvolvendo constantemente. Novas tecnologias e produtos estão entrando no mercado, e a eficácia dos resultados sendo provados através de projetos e praticas inovadora. (GBC Brasil-2011).

Créditos aplicados neste projeto, relativos à inovação do projeto.

Quadro 32- Categorias e créditos relativos à inovação do projeto.

INOVAÇÃO E PROCESSOS DE PROJETO	
Pré-requisito 1	Inovação de projetos e tecnologia
Pré-requisito 2	Profissionais credenciados pelo sistema <i>LEED Schools NC - v3</i>
ITEM MODIFICADO NO <i>LEED Schools NC - v3 FOR SCHOOLS NEW CONSTRUCTION</i>	
Pré-requisito 1	Inovação de projetos e tecnologia
ITEM ACRESCENTADO NO <i>LEED Schools NC - v3 FOR SCHOOLS NEW CONSTRUCTION</i>	
Pré-requisito 3	A escola como uma ferramenta de ensino

Fonte: Adaptado de USGBC, 2011

Para esse trabalho não houve necessariamente uma inovação de projetos e tecnologia, e sim procedimentos voltados à construção verde, mesmo quando aplicados à construção convencional. Essas aplicações estão resumidas nos projetos abaixo relacionados, sendo:

Arquitetura - As fachadas ventiladas com a utilização de fixadores metálicos e placas cerâmicas trarão um conceito inovador e sem precedentes em relação aos revestimentos convencionais Isolamento termo-acústico e racionalização no processo será um dos ganhos em questões de conforto térmico e redução do tempo de execução.

Instalações - Pode-se considerar como inovação tecnológica o aproveitamento de águas residuais de condensação de evaporadores do sistema de ar condicionado para uso em descargas sanitárias. Essa inovação foi citada e descrita nesse capítulo na categoria Eficiência da Água (WE).

Outra especificação inovadora é a especificação de lâmpadas de led para toda a edificação. Desde elevadores, corredores, salas e áreas comuns.

O projeto que comanda o uso de energia administrando-a entre a energia da concessionária e a produzida pelo gerador a biodiesel é um conceito inovador para edificações institucionais verticais. Pretende-se num futuro próximo instalar também geradores fotovoltaicos na cobertura.

Estrutura– O processo construtivo que vem sendo utilizado com mais frequência nas atuais obras locais é a estrutura com lajes protendidas e cordoalhas engraxadas. As construtoras vêm em optando por essa tecnologia devido à rapidez de execução e o já domínio do sistema por empresas locais, facilitando, com isso, o deslocamento de profissionais e equipamentos.

Toda estrutura deverá ser executada com concreto armado auto adensável com 35 MPa, sendo suas lajes protendidas, sem vigamento com a utilização de formas tipo Topec Alkus em poliestileno e escoramentos metálicos. Esse processo promoverá a agilidade da construção, reduzindo o tempo de obra. O concreto auto adensável garantirá maior uniformidade e qualidade nos acabamentos das peças fundidas, uma vez que não estão previstos revestimentos nas mesmas. Tal procedimento reduzirá o consumo de argamassas e, conseqüentemente, o de areia, cimento e água, procedimentos esses indispensáveis para a redução dos impactos ambientais.

Em 1987, a Brundtland Commission da ONU registrou a definição do termo sustentabilidade. A partir desse conceito, o mundo produtivo passou a trabalhar freneticamente no sentido de aperfeiçoar os processos industriais. Em particular, o setor de concreto conseguiu vitórias expressivas nesse campo, sendo o Brasil hoje considerado referência mundial em produção de cimentos com baixa emissão de CO₂,(HELENE, 2012).

Enquanto, na média mundial, a indústria de cimento é responsabilizada por 5% da emissão de gases no planeta, no Brasil essa taxa é de 1,4%. Segundo o Inventário Nacional dos Gases de Efeito Estufa, com dados referentes ao período de 1990 a 2005, a maior concentração de emissões de gases no país está relacionada às queimadas, à agropecuária e ao uso de energia. “No Brasil, a emissão específica de CO₂ está abaixo de 600 quilos por tonelada de cimento, o que tem colocado a indústria cimenteira do país em uma posição de destaque no cenário mundial,

sendo considerada a mais ecoeficiente” (BATTAGIN, 2012, artigo Sustentabilidade das Estruturas de Concreto, revista massa cinzenta).

As vitórias do setor não podem estimular a acomodação, mas sim a busca de mais eficiência, sobretudo na qualidade do concreto.

Hoje há concretos com resistências mecânicas de 100 MPa a 800 MPa, que praticamente ainda não são explorados por necessitarem uma mudança de postura em relação ao projeto arquitetônico e estrutural. Acompanhar essa evolução é o grande desafio para aqueles que desejam estar atualizados ou na vanguarda. Para tal, é fundamental uma educação continuada, a participação em eventos, congressos e feiras, além de estar perto da academia e da indústria, pois hoje o conhecimento de qualidade é gerado das mais distintas formas e nas mais diferentes organizações, sejam elas de ensino, empresariais, públicas ou privadas. (HELENE, 2012).

Figura 85 - Preparo da laje protendida (colocação das cordoalhas) e estrutura pronta com lajes protendidas.



Fonte: GRUPO SISTREL, 2012.

4.6 CATEGORIA - PRIORIDADE REGIONAL (RP)

Os créditos aplicados ao trabalho no que tange à prioridade regional estão listados no quadro 27.

Quadro 33 - Categoria e crédito aplicado ao trabalho em relação à prioridade regional.

PRIORIDADE REGIONAL		1 PONTO POSSÍVEL
Crédito 1	Prioridade regional	1

Fonte: Adaptado de USGBC, 2011

Pontos de bônus regionais é outra característica do *LEED Schools NC - v3*, com a finalidade de reconhecer a importância das condições locais para determinar o melhor projeto ambiental e práticas construtivas.

Para essa categoria, o autor definiu o processo construtivo baseado nas atuais construções do mercado regional, adotando o que há de mais avançado do ponto de vista técnico e ambiental, de forma a reduzir essa atividade na estrutura e nas vedações verticais internas e externas.

Alguns materiais e produtos especificados provenientes de regiões distantes, mesmo tendo no seu transporte gastos e energias poluidoras, são compensados pela inovação no processo de fabricação e pela utilização de resíduos em sua composição de base.

A localização do empreendimento, que o coloca numa das vias principais de escoamento de trânsito para entrada e saída da cidade, favorece as linhas de ônibus existentes e ciclovias, evitando a circulação desses veículos em ruas secundárias dos bairros residências.

Já a mão de obra para construção e operação do prédio deverá ser contratada com profissionais residentes no entorno urbano, valorizando o serviço local e facilitando o transporte, reduzindo o número de veículos em circulação e a necessidade de estacionamento no prédio.

Todas as tentativas em colaborar com uma obra de menor impacto e dentro da realidade e condições do empreendimento foram contempladas nesse projeto e poderão ter seus resultados mensurados durante a obra e em seu funcionamento pleno.



CAPÍTULO 5
CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES ESPECÍFICAS

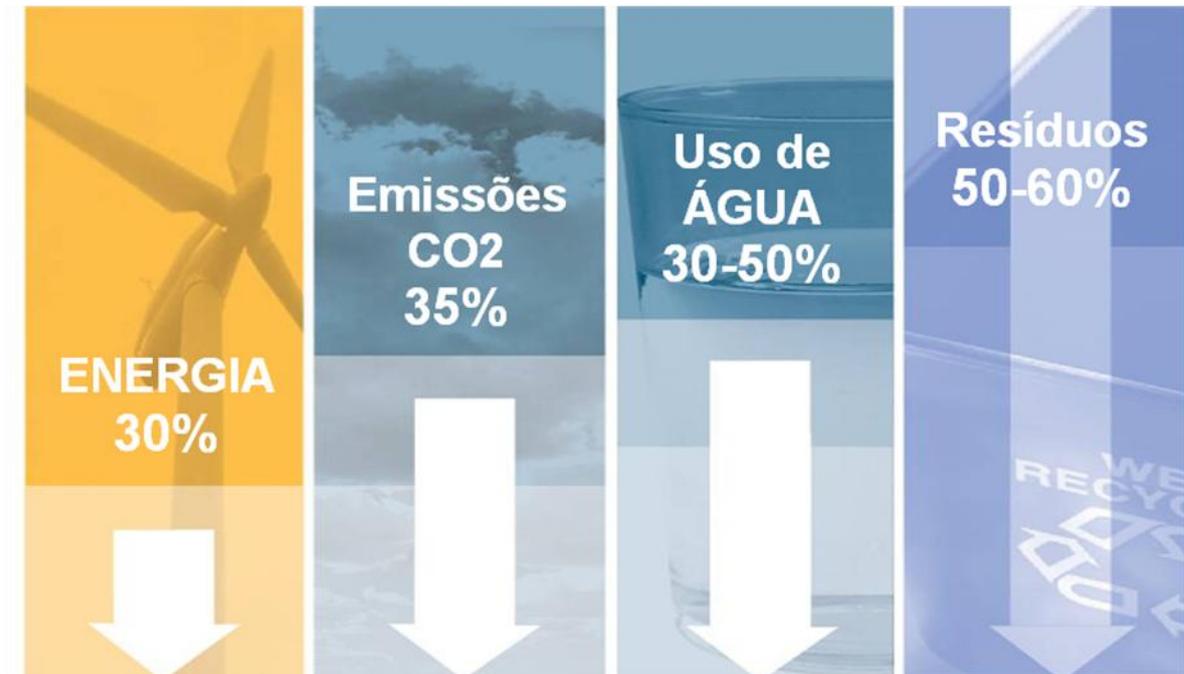
Mesmo sendo um assunto bastante debatido já há alguns anos, a sustentabilidade ainda é associada apenas às questões ambientais por parte do consumidor. Nota-se que mesmo informado o consumidor não irá optar pela sustentabilidade em preterimento a qualidade, à funcionalidade e ao preço. Quando houver o devido esclarecimento ao consumidor para o uso de produtos sustentáveis ou para o uso de forma sustentável, o ciclo de vida se fecha e a sustentabilidade poderá ser alcançada plenamente. (ANTUNES, 2012).

A sustentabilidade deve ser tratada como mais um dentre os tantos benefícios que um produto oferece. Ela deverá servir como diferencial, não como argumento. Por isso a questão do ciclo de vida do produto se torna mais do que fundamental. E é principalmente por isso que não há como dissociar a sustentabilidade da área de inovação. (ANTUNES, 2012)

Mediante aos procedimentos desenvolvidos nesse trabalho que descrevem diversas ações projetuais à luz da metodologia LEED, pode-se afirmar que haverá considerável redução em relação aos impactos causados pela construção civil, atingindo o objetivo proposto em qualificar os benefícios e não quantificá-los.

Após a execução da construção que já se encontra iniciada e com previsão de conclusão para 18 meses, oportunidades para futuros trabalhos estarão abertas podendo haver o comissionamento dos resultados propostos nos projetos e comprovados sua eficiência ou não, abrindo aí mais oportunidades de pesquisas na área da construção civil. A figura 86 mostra o que o GBC almeja como resultado de um empreendimento executado com conceitos sustentáveis.

Figura 86 - Resultados recomendados pelo LEED School NC – v3



Fonte: GBC Brasil (2010)

Mediante aos procedimentos desenvolvidos nesse trabalho que descrevem diversas ações projetuais à luz da metodologia LEED, se pode afirmar que haverá considerável redução em relação aos impactos causados pela construção civil, atingindo o objetivo proposto em qualificar os benefícios e não quantificá-los em todas as categorias.

CATEGORIA – SÍTIO SUSTENTÁVEL (SS)

Conclui-se a viabilidade da inserção da obra na sua concepção uma vez que impacto de sua implantação não é significativo quando comparados à atual situação de seu entorno, não havendo a necessidade de proposição e implantação de medidas mitigadoras e/ou compensatórias.

Além disso, a valorização dos imóveis repercutirá positivamente com a implantação da nova instituição de ensino superior. O prédio trará mais segurança e valorização ao entorno.

CATEGORIA – EFICIÊNCIA DA ÁGUA (WE)

Em relação a essa categoria pode-se considerar um resultado expressivo na economia de água tratada, chegando a 77,72% para o uso de águas em descargas sanitárias sem considerar as águas de chuvas que também serão aproveitadas para manutenção e serviços gerais.

CATEGORIA – ENERGIA E ATMOSFERA (EA)

A integração entre soluções para redução do consumo de energia, sem perda de desempenho e qualidade, poderá ser assegurada pelo conjunto de soluções adotadas em projetos que vão das definições do sistema de iluminação e alimentação de equipamentos, sistema de condicionadores de ar, elevadores com conceitos e tecnologias sustentáveis e pelo uso de materiais nas envoltórias, vedações internas, forros e brises fechando assim um conjunto de medidas que atendem a que se pode esperar para uma obra mais sustentável no quesito energia.

CATEGORIA – MATERIAIS E RECURSOS (MR)

Foi desenvolvido um Plano de Controle Ambiental (PCA) que trata de todas as ações relativas ao gerenciamento de resíduos e interferências no sítio em relação a desmontes, cortes e demolições, garantido assim o controle dessas atividades e a proteção ao Meio Ambiente.

CATEGORIA – QUALIDADE AMBIENTAL (IEQ)

Todos os materiais especificados em projetos terão características sustentáveis e procedência controlada.

Como o empreendimento não foi executado não há como aferir seus resultados em termos de desempenho e conforto, mas se espera através das ações projetuais propostas, alcançar significativos ganhos em eficiência.

CATEGORIA – INOVAÇÃO NO PROJETO (ID)

Arquitetura - As fachadas ventiladas com a utilização de fixadores metálicos e placas cerâmicas trarão um conceito inovador e sem precedentes em relação aos revestimentos convencionais Isolamento termo-acústico e racionalização no processo será um dos ganhos em questões de conforto térmico e redução do tempo de execução.

Instalações- Aproveitamento de águas residuais de condensação de evaporadores do *sistema de ar condicionado para uso em descargas sanitárias. Lâmpadas de LED para toda a edificação incluindo os elevadores. Automação de todos os sistemas*, visando economia, desempenho e segurança.

Estruturas - Processo construtivo racionalizado, com a utilização de formas e escoras metálicas e concreto auto adensável.

CATEGORIA – PRIORIDADE REGIONAL (RP)

Alguns materiais e produtos especificados provenientes de regiões distantes, mesmo tendo no seu transporte gastos e energias poluidoras, são compensados pela inovação no processo de fabricação e pela utilização de resíduos em sua composição de base.

Como já mencionado anteriormente pelo autor, não foi o propósito desse trabalho quantificar e pontuar as ações relacionadas às categorias da metodologia LEED, mas vale como uma otimista afirmação, baseada nos procedimentos projetados, que o empreendimento está passível de ser pontuado em vários critérios de forma positiva e alcançando um valor entorno dos 80 pontos o que conferiria uma certificação ouro podendo chegar à platina. O *LEED Schools NC - v3* não certifica

projetos e sim obras edificadas que foram assessoradas e comissionadas por empresas e profissionais credenciados pelo *GBC, Green Building Council*. As certificações têm prazo de validade e devem ser atualizadas a cada 5 anos de operação da edificação.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro dos conceitos dos três pilares da sustentabilidade, que envolvem o crescimento econômico, o progresso social e o equilíbrio ecológico, pode-se considerar que, pelo tempo decorrido e com poucos resultados positivos, a sustentabilidade passou a ser, além de uma questão de sobrevivência, uma questão moral, pois não se faz sustentabilidade com demagogia e política e sim com ações e exemplos. O autor considera que mais importante que uma certificação ou um selo verde é o que cada um dentro da sua área e no seu cotidiano possa fazer para contribuir para a redução dos impactos causados ao meio ambiente.

A questão econômica e financeira sempre ficou a frente das decisões quando o assunto é sustentabilidade. O desconhecimento e o receio de mudar e experimentar o novo faz com que muitos empreendedores recuem da decisão de se adotar métodos de menor impacto e conceitos ambientais. O lucro rápido e a custo imediato reduzido faz com que a escolha por materiais e processos que tragam resultados positivos durante uma vida útil prolongada, redução de manutenção e ganho de desempenho sejam deixados de lado. Conclui-se que a ignorância, ou seja, a falta de conhecimento e interesse pode ser considerada o pior inimigo da sustentabilidade. Lucros justos com maior vantagem para a sociedade devem estar inseridos nessa nova ordem mundial.

Empresas são formadas por recursos humanos e, se essas pessoas trabalharem em locais projetados com conceitos de desempenho e conforto ambiental, certamente atingirá ganho em sua produtividade e redução de problemas por afastamento do trabalho causados por sintomas de saúde adquiridos em prédios doentes e ultrapassados tecnicamente.

Sistemas isolados de ações sustentáveis em edifícios, como captação de água de chuva, células fotovoltaicas para aquecimento de água e outros, serão potencializados se houver integração de todos os sistemas do prédio, incluindo-se ar

condicionado, alarme e etc., tornando o edifício um sistema único. A fachada de um prédio não deverá ser apenas um componente passivo podendo ser projetada para gerar energia, isolar e dar sombreamento entre outras possíveis funções.

Hoje já se fala em brises coletores de energia, multifuncionais, vidros eficientes geradores de eletricidade e controle solar. Sistemas de refrigeração através das lajes e alvenarias em substituição aos aparelhos tradicionais, capazes de resfriar o ambiente sem a necessidade de aparelhos de ar condicionados, eliminando o barulho e o vento sobre as pessoas também já está em desenvolvimento e poderá servir tanto para resfriar como para aquecer os ambientes.

As manifestações ambientais estão visíveis e reagindo em função dos maus tratos acumulados por décadas. Aumento da temperatura do planeta, degelo, chuva ácida, tempestades, *tsunamis*, entre outras catástrofes, ocorrem com mais frequência. Congressos, seminários e leis estão acontecendo em todos os países, mas como gerenciar e guiar as mudanças certas? Qual o tipo de mundo que queremos para os nossos filhos e netos? Como explorar o potencial em subsolo e como repensar os espaços existentes?

Há mais de vinte anos fala-se em sustentabilidade, mas pouca coisa mudou. Após a Rio + 20, a nova palavra pós-sustentabilidade deverá ser “Resiliência”, que analisará qual a capacidade que temos de recuperação após um choque ou trauma ambiental, além de como tratar as mudanças. Várias questões deverão ser abordadas além do meio ambiente, como trabalho e educação. O meio ambiente deverá suportar essa trajetória, medir o desempenho a partir do que já existe e ver o que poderá ser melhorado. É preciso dar apoio ao recurso que as cidades e os profissionais dispõem.

A construção civil é um dos seguimentos que mais destroem o meio ambiente, mas como os profissionais da área podem contribuir saindo da inércia que emoldura a situação que os inseri e passar a agir desde agora em suas atividades e fora do

expediente. Dentro dessa abordagem, esse trabalho pretende ser uma contribuição que não focou certificações e suas teorias, mas sim propor, dentro da realidade de um empreendimento, que algumas ações e aceitações podem muito colaborar com a redução dos impactos causados pela construção de uma obra. O importante não é

ganhar e usar um selo verde, mas aprender que cada um pode e deve fazer a sua parte com ações e procedimentos que vão da rotina do lar ao ambiente de trabalho. Nunca fazer de uma certificação um “negócio” e sim um conceito e referência.

Acompanhar a evolução tecnológica dos materiais, principalmente do concreto, é o grande desafio para aqueles que desejam estar atualizados ou na vanguarda. Para tal, é fundamental uma educação continuada, a participação em eventos, congressos, feiras; além de estar perto da academia e da indústria, pois hoje o conhecimento de qualidade é gerado das mais distintas formas e nas mais diferentes organizações, sejam elas de ensino, empresariais, públicas ou privadas (HELENE, 2012).



CAPÍTULO 6
REFERÊNCIAS

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOWEB. **A sustentabilidade na visão de quem atua no mercado.** Arcoweb Website. Publicada originalmente em PROJETO DESIGN. 359. ed. jan. 2010. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/artigos/sustentabilidade-realidade-mercado-arquitetos-especialistas-30-04-2010.html>> Acesso em: 26 fev. 2011.

ARAUJO, Lilliam S. **Captação e reuso de água de chuva:** uma análise de custo eficiência para condomínios verticais multifamiliares da cidade de Vitória. 2004. Trabalho Final de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

ARAUJO, Marcio. **Materiais Ecológicos e Tecnologias Sustentáveis para Arquitetura e Construção Civil** - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. São Paulo, 2004.

_____. **Desempenho ambiental de Unidades Municipais de Saúde na cidade de Vitória:** Avaliação e nova proposta com base na metodologia LEED-NC. 2006. 109f. Projeto de Pesquisa – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

_____. **Desempenho ambiental em unidades municipais de saúde na cidade de Vitória: ensaio projetual e recomendações para certificação LEED-NC 2.2.** Vitória, UFES, 2009. 249 p.

ARNEL Tony. **Think global, Act Local.** World Green Building Week. 20-26 Set. 2010. p. 1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.152. Rio de Janeiro. 2002.

BALDWIN, R.; YATES, A.; HOWARD, N.; RAO, S. BREEAM 98 for offices: an environmental assessment method for office buildings. **BRE Report.** Garston, CRC. 36 p., 1998.

BISSOLI, Márcia. **Diretrizes e recomendações para a construção sustentável de habitação de interesse social aplicável à realidade do Município de Vitória.**

2003. 77 f. Projeto de Pesquisa – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

BOWYER J.L. **Green building programs: are they really green?** Forest Products Journal, p. 6–17, 2007.

CONAMA (). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2002. Seção 1, p. 95-96.

CAPELLO, Juliana. **Certificação à vista.** Disponível em: http://casa.abril.com.br/arquitetura/livre/casaecologica/0236_seloverde1.shtml. Acesso em 12 mar. de 2011.

CARDOSO, Francisco F.; ARAÚJO Viviane M. **Levantamento do Estado da Arte: Canteiro de Obras.** Documento 2.6. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável, Projeto Finep 2386/04, São Paulo, 2007. 38 p.

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do Ar Interno.** Texto Técnico. Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. 38 p.

CASTRO-LACOUTURE D. **Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia.** ElSevier, 9 p., ago. 2008.

CBIC. Institucional. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/institucional>. Acesso em: 08 mar. 2011.

CIDELL, J.; BEATA, A. **Spatial variation among green building certification categories: Does place matter?** ElSevier. 10 p., 09 dez. 2008.

COLE, R.J.; LARSSON, N. **GBTool User Manual**. Ottawa, Green Building Challenge, 2002.

COMISSÃO Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430p.

CONGRESSO latino-americano da construção metálica. Disponível em: <http://www.construmetal.com.br/downloads/contribuicoes-tecnicas/22-a-aplicacao-da-ferramenta-de-certificacao-leed-para-avaliacao-de-edificios-sustentaveis-no-brasil.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2011.

CONSTRUÇÃO sustentável avança no País. **Revista Abrava**, São Paulo: Ed Abrava, 279.ed, p. 14-15, mai. 2010.

CONSTRUÇÃO sustentável certificada. Santander website. Disponível em: <http://sustentabilidade.bancoreal.com.br/Lists/Notcias/DispForm.aspx?ID=61>. Acesso em: 10 mar. 2011.

COSTA, D. M. A.; BARROS JUNIOR, A. C. Avaliação da Necessidade do Reuso de Águas Residuais. *Holos*, 21 (2), 81-101, 2005.

DEGANI, C. M; CARDOSO, F. F. Aplicabilidade de sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios: Ambiente Construído. **Revista ANTAC**, Porto Alegre, 3. ed., jul./set. 2003.

DORSTHORST, B.J.H; HENDRIKS, Ch. F. Reuse of construction and demolitionwaste in the EU. In: **CIB Symposium: Construction and Environment – theory intopractice**. São Paulo, 2000. Proceedings. São Paulo: EPUSP, 2000.

_____. KUHN, Y.; McWalter, K; Winsor, M. Water-Sensitive Urban Design: An Emerging Model. In: **Sustainable Design and Comprehensive Water-Cycle Management. Environmental Practice**, 11(03), 2009. p.179-189.

DUARTE, P.; LIMA, V. L. Beneficiamento do resíduo de construção. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA**, 2. João Pessoa, 2007. 8 p.

FIGUEROLA, V. **PROJETO sustentável:** Arquitetura como foco na sustentabilidade requer integração de equipes e coordenação de um profissional especializado. Website Revista Técnica. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/133/imprime77955.asp>>. Acesso em: 22 mar. 2011.

GBCBrasil | Construindo um Brasil Sustentável. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/pt/index.php?pag=certificacao.php>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

GBCA | Green Building Council of Australia. GBCA website, 2008. Disponível em: <<http://www.gbca.org.au/on>>. Acesso em: 21 fev. 2011.

GONÇALVES, V. S. B.; SILVA, L. B.; COUTINHO, A. S. **Ruído como agente comprometedor da inteligibilidade de fala dos professores.** Produção, João Pessoa, v. 19, n. 3., p. 466-476, set./dez. 2009.

GUIDELINES for Projects Choosing Between: LEED for Schools and Other LEED Rating Systems. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=6667>>. Acesso em: 17 mar. 2011.

HEALTH Places to learn. Disponível em: <<http://www.greenschoolbuildings.org/gs101/learn.aspx>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

HESPANHOL, I. et al. **Conservação e Reúso da Água em Edificações.** Centro Internacional de Referência em Reúso de Água. Fiesp/Ciesp. São Paulo, 2005. 152 p. (in Portuguese).

_____. **Manual de Conservação e Reúso de Água Para a Indústria**. Centro Internacional de Referência em Reúso de Água. Fiesp/Ciesp. São Paulo, 2003. 92 p. (in Portuguese).

iiSBC. **SUSTAINABLE Building Challenge 2008**. Disponível em: <<http://www.iisbe.org/iisbe/sbc2k8/sbc2k8-start.htm>>. Acesso em: 07 mar. 2011.

INMETRO. **Eficiência Energética / Programa Brasileiro de Etiquetagem PBE**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>>. Acesso em 14 de março de 2011.

INMETRO. **Qualidade do Ar em Estabelecimentos de Uso Público e Coletivo**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/qualidadedoAr.asp>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

JOHN V. M.; OLIVEIRA D. P.; LIMA J. A. R. **Levantamento do Estado da Arte: Seleção de Materiais**. Documento 2.4. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto Finep 2386/04, São Paulo, 2007. 58 p.

_____; AGOPYAN, V. **SEMINÁRIO - RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO**. São Paulo, 2003. 13 p.

JONES, A. P. **Indoor air quality and health**: Atmospheric Environment. Oxford, v. 33, n. 28, p. 4535-4564, dez.1999.

KIBERT, C. **Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction**. 1994. Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction, Tampa, Florida, p. 6-9, nov.1994.

KNEIFEL, J. **Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings**. Elsevier. 8 p., set.2009.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. Metodologia de avaliação ambiental brasileira para o setor residencial: Eficiência Energética. **IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Ouro Preto, 2007(b), 10p.

_____; _____. **Levantamento do Estado da Arte: Energia.** Documento 2.2. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto Finep 2386/04. São Paulo. 2007(a). 94 p.

LEE Y. S. GUERIN D. A. **Indoor environmental quality differences between office types in LEED-certified buildings in the US.** EISevier, out. 2009. 9 p.

_____; **Office layout affecting privacy, interaction, and acoustic quality in LEED-certified buildings.** EISevier, jan. 2010. 7 p.

MATTHINESSEN L.F.; MORRIS P. **The cost of Green revisited:** reexamining the feasibility and cost impact of sustainable design in the light of increased market adoption. Davis Langdon, 2007.

MOECK M.; YOON J.Y. **Green buildings and potential electric light energy savings.** Journal of Architectural Engineering, 2004. 143–59 p.

MUDANÇAS Climáticas – Relatório Brunbdland e a Sustentabilidade. Disponível em:<<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/91>>. Acesso em: 25 fev. 2011.

MUDANÇAS Climáticas – Relatório Brunbdland e a Sustentabilidade. Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/91>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

NEWSHAM G. R.; MANCINI S.; BIRT B. J. **Do LEED certified buildings save energy? Yes, but. . .** EISevier, mar. 2009. 9 p.

OLIVEIRA, L. H., ILHA, M., REIS, R. P. A. **Levantamento do Estado da Arte: Água.** Documento 2.1. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto Finep 2386/04. São Paulo, 2007.107 p.(in Portuguese).

PATRICIO, R. R.. **Desenvolvimento de Metodologia para Avaliação de Desempenho Ambiental em edifícios adaptada à realidade do Nordeste brasileiro.** 2005.Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, dez. 2005.

PULSELLI R. M. *at al.* **Emergy Analysis of building manufacturing, maintenance and use:** Em-building indices to evaluate housing sustainability. *Energy and Buildings*, 2007. p. 8 - 620.

ROAF. S. **A adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas, Brookman.**2009. (in Portuguese).

SCHEUER, C.; KEOLEIAN, G. A.; REPPE, P. **Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications.** ElSevier, 26 maio 2003. 16 p.

SILVA, V. G. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios.** *Qualidade da Construção*, n. 25, p. 14-22, ago. 2000.

_____. **Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios:** estado atual e discussão metodológica. Documento 5. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável - Projeto Finep 2386/04, São Paulo, 2007. 60 p.

SILVA, J. **Sustentabilidade, leed e green building.** Publicada originalmente em FINESTRA. Disponível em:

<<http://www.arcoweb.com.br/artigos/sustentabilidade-leed-e-green-building-18-03-2008.html>>. Acesso em: 23 fev. 2011.

SILVA,V.G.; PARDINI, A. F.**Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEEDTM no Brasil com base em dois estudos de caso.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 10(03), 2010. p.81-97.(in Portuguese).

SINDUSCON. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. SINDUSCON Website. Disponível em: <<http://www.sinduscon-es.com.br/sinduscon/index.htm>>. Acesso em: 8 abr. 2011.

SOUZA, U. E. L. de. **Como reduzir perdas nos canteiros:** Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.

_____; DEANA, D. F. **Levantamento do Estado da Arte: Consumo de materiais.** Documento 2.5. Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto Finep 2386/04. São Paulo. 2007. 43 p.

THORMARK, C. **The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building.** Building and Environment, 2006.

TODD, J.A.; LINDSAY, G. Comparative assessment of GBC2000 and LEED: lessons learned for international and national systems. In: Sustainable Buildings 2000. **Proceedings.** Maastricht, NOVEM/CIB/GBC, p. 210-212, October 22-25, 2000.

UNEP. Assessment of policy instruments for reducing greenhouse gas emissions from buildings. 2007.

USEPA. **2007 Mid-Cycle Peer Review ORD's Human Health Research Program.** 24 jan. 2007.

USGBC. **ENERGY Saving = Classroom Spending.** Project Profile. 2006. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=3389>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

USGBC. **LEED 2009 for Schools New Construction and Major Renovations Rating System.** 106 p., fev. 2011.

USGBC. **LEED version 3.0.** USGBC website. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1970>>. Acesso em: 28 fev. 2011.

USGBC. **Rating System For Pilot Demonstration of LEED® for Homes Program.** Washington D.C: USGBC, 137 p. ago. 2005.

USGBC. **Rating System Selection Guidance.** Nov. 2010. 5 p.

VENKATARAMA Reddy BV, JAGADISH KS. **Embodied energy of common and alternative building materials and Technologies.** Energy and Buildings, 2003. p. 37-129.

VITÓRIA. Lei nº 4424, Art. 113, inciso III, de 10 de abril de 1997. Código Sanitário do Município de Vitória. Vitória, 15 abr.1997.

WGBC. **TACKLING GLOBAL: CLIMATE CHANGE MEETING LOCAL PRIORITIES.** 2010a. World Green Building Week, 2010. 48 p.

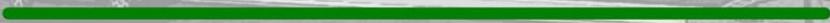
WGBC. World Green Building Council. WGBC website. 2010b. Disponível em:<http://www.worldgbc.org/>. Acesso em: 05 mar. 2011.

WBCSD. Eco-efficiency: Creating more value with less impact. 2000. Documento. WBCSD website. Disponível em: <http://www.wbcd.org>. Acesso em: 15 fev. 2011.

YUDELSON J. **The green building revolution.** Washington, D.C: Island Press, 2008.



APÊNDICES



APÊNDICES

DVD-R EM ANEXO

A) ARTIGOS PUBLICADOS

B) DISSERTAÇÃO

C) ESTUDO DE IMPACTO URBAO (EIV)

D) PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL (PCA)